

Université de Sherbrooke

**Interférence cognitivo-motrice chez les personnes atteintes de sclérose en plaques**

Par

Mathieu Mallet

Programme recherche sciences de la santé

Mémoire présenté à la Faculté de médecine et des sciences de la santé en vue de l'obtention  
du grade de maître ès sciences (M. Sc.) en sciences de la santé

Sherbrooke, Québec, Canada

Août, 2018

Membres du jury d'évaluation

Mathieu Bélanger, Ph.D., Co-Directeur, Département de médecine de famille et de  
médecine d'urgence, Faculté de médecine et des sciences de la santé

Grant Handrigan, Ph.D., Co-directeur, École de kinésiologie et de loisir, Faculté des  
sciences de la santé et des services communautaires, Université de Moncton

Patrick Boissy, Ph.D., Évaluateur interne, Département de Chirurgie, Faculté de médecine  
et des sciences de la santé, Faculté de médecine et des sciences de la santé

Yves Lajoie, Ph.D., Évaluateur externe, École des sciences de l'activité physique, Faculté  
des sciences de la santé, Université d'Ottawa

© Mathieu Mallet, 2018

## Sommaire

### Interférence cognitivo-motrice chez les personnes atteintes de sclérose en plaques

Par

Mathieu Mallet

Mémoire présenté à la Faculté de médecine et des sciences de la santé en vue de l'obtention du diplôme de maître ès sciences (M.Sc.) en sciences de la santé, Faculté de médecine et des sciences de la santé, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada, J1H 5N4

**Problématique:** La sclérose en plaques (SEP) est une maladie neurodégénérative qui apporte des problèmes au niveau de la cognition et de l'équilibre. D'ailleurs, il est établi que le contrôle postural nécessite des ressources cognitives. Une manière d'évaluer cette interaction est d'utiliser le paradigme de la double tâche (DT). De ce fait, peu d'études ont examiné l'effet d'une DT par l'entremise du coût de la double tâche (DTC) chez les personnes atteintes de SEP. Les objectifs de cette étude sont donc de 1) Déterminer les DTC de deux tâches dans différentes conditions posturales chez des participants atteints de SEP et des personnes asymptomatiques, et 2) examiner différents paramètres de la performance du contrôle posturale et la cognition par l'intermédiaire de différents tests et questionnaires cliniques.

**Méthodes:** Un groupe de participants atteints de la SEP ( $n=22$ ) et un groupe témoin composé de personnes asymptomatiques ( $n=22$ ) appariées par l'âge, le genre et le niveau de scolarité ont été utilisés comme participants pour cette étude transversale. Chaque participant devait performer une tâche d'équilibre statique dans trois conditions posturales différentes (assis, debout et tandem) et une tâche cognitive de temps de réaction de choix en simple tâche (ST) et en DT. La moyenne de vitesse, de l'étendue médio-latérale, de l'étendue antéro-postérieure, le temps de réaction et le DTC ont été calculés. Les participants ont également effectué le Montreal Cognitive Assessment, Fullerton Advanced Balance Scale, Falls Efficacy Scale-International et le Fatigue Scale for Motor and Cognitive Functions.

**Résultats:** Il n'y avait aucun effet ou interaction entre les variables du DTC pour les deux groupes ( $p > 0,05$ ) selon un ANOVA à mesure répétées. Cependant, il était possible de voir une priorisation de la tâche motrice pour les participants du groupe SEP et une facilitation mutuelle dans les deux tâches pour le groupe Sain lors de la DT selon un modèle qui évalue le DTC. Pour la variable temps de réaction, le groupe Sain était plus rapide que le groupe SEP. Pour les trois variables de l'équilibre, il était possible de distinguer une interaction Groupe\*Posture\*Vision, mais aucun effet de tâche. Les participants du groupe SEP avaient un meilleur équilibre que le groupe Sain dans la condition tandem seulement ( $F(1,40) = 15.95$ ,  $p < 0.05$ ). Le groupe SEP était aussi atteint d'une fatigue modérée ( $p < 0,01$ ) et d'une préoccupation par rapport au risque de chute ( $p < 0,01$ ) comparé au groupe Sain où ce n'était pas le cas.

**Conclusion:** Le DTC n'est pas différent de manière significative entre les deux groupes. Cependant, il est possible de distinguer différents cheminements de la demande attentionnelle entre les deux groupes. De plus, les résultats démontrent une différence de performance entre les deux groupes.

**Mots clés:** Sclérose en plaques, double tâche, coût de la double tâche, cognition, posture

## Summary

### Cognitive-motor interference in multiple sclerosis

By

Mathieu Mallet

A thesis presented to the Faculty of Medicine and Health Sciences in partial fulfillment of the requirements of the degree of Master of Science in Health sciences, Faculty of Medicine and Health Sciences, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada, J1H 5N4

**Background:** Multiple sclerosis (MS) is a neurodegenerative disease which is associated with cognition and balance disorders. It is established that postural control requires cognitive resources and it's possible to evaluate this interaction by using the dual-task paradigm (DT). Few studies have examined the effect of DT through the dual task cost (DTC) in people with MS. Specifically, the objectives of this thesis were to 1) determine the DTC of two tasks under different postural conditions in people with MS and in healthy individuals, and 2) explore different parameters of postural control performance and cognition by means of different clinical tests and questionnaires.

**Methods:** One group of MS ( $n = 22$ ) and healthy controls ( $n = 22$ ) were matched according to age, gender and level of education for this cross-sectional study. Each participant had to perform a static balance task in three different positions (seated, standing and tandem) and a choice reaction time in single task (ST) and DT. The mean sway velocity, medio-lateral sway, antero-posterior sway and reaction time were calculated for each condition. In addition, both groups underwent the Montreal Cognitive Assessment, Fullerton Advanced Balance Scale, Falls Efficacy Scale-International and Fatigue Scale for Motor and Cognitive Functions.

**Results:** A repeated measures ANOVA showed there were no effect or interaction for the DTC variables between the two groups ( $p < 0.05$ ). However, the MS group showed a motor task prioritization, while the healthy group demonstrated mutual facilitation in both tasks in a DTC model. The healthy group had faster reaction times than the MS group. A Group\*Posture\*Vision interaction was detected, but no effect of task was noted. MS subjects had better balance than healthy participants in tandem stance only ( $F(1,40) = 15.95$ ,  $p < 0.05$ ). The MS group was also moderately fatigued ( $p < 0.01$ ) and concerned about the risk of falling ( $p < 0.01$ ) compared to healthy group.

**Conclusion:** DTC was not significantly different between the two groups. However, it is possible to distinguish different patterns of attentional demands between both groups. Furthermore, the results suggest a difference of performance between both groups.

**Keywords:** Multiple sclerosis, dual-task, dual-task cost, posture, cognition

## Table des matières

<b>Sommaire</b> .....	ii
<b>Summary</b> .....	iii
<b>Liste des tableaux</b> .....	vii
<b>Liste des figures</b> .....	viii
<b>Liste des abréviations</b> .....	ix
<b>Remerciements</b> .....	x
<b>1. Introduction</b> .....	1
<b>2. Problématique</b> .....	2
2.1 La sclérose en plaques.....	2
2.2 L'équilibre.....	4
2.3 La cognition .....	5
2.4 L'interaction cognitivo-motrice .....	7
<b>3. Recension des écrits</b> .....	9
3.1 Procédure de la recension des écrits.....	9
3.2 Double tâche .....	11
3.2.1 <i>Tâches motrices</i> .....	11
3.2.2 <i>Tâches cognitives</i> .....	14
3.2.3 <i>Interférence/facilitation cognitivo-motrice</i> .....	17
3.3 Évaluation de l'équilibre.....	24
3.4 Évaluation de la marche .....	27
3.6 Tests et questionnaires .....	30
3.6.1 <i>La cognition</i> .....	31
3.6.2 L'équilibre.....	32
3.6.3 <i>La fatigue</i> .....	33
3.6.4 <i>L'anxiété et dépression</i> .....	34
3.6.5 Spasticité.....	35
3.6.6 <i>La douleur</i> .....	36
3.7 Lacune de la littérature existante .....	37
<b>4. Objectifs de l'étude</b> .....	39
4.1 Type de recherche .....	39
<b>5. Contexte de l'étude</b> .....	40
5.1 Conception du projet de recherche.....	40

5.2 Considération éthique .....	40
<b>6. Méthodologie</b> .....	42
6.1 Dispositif de l'étude pour le projet de maîtrise .....	42
6.2 Population et recrutement .....	42
6.3 Variables .....	44
6.3.1 <i>Formulaires de consentement</i> .....	44
6.3.2 <i>Questionnaires et tests</i> .....	44
6.3.2.1 <i>Questionnaire général</i> .....	44
6.3.2.2 <i>Le Montreal Cognitive Assessment (MoCA)</i> .....	44
6.3.2.3 <i>Le Fullerton Advanced Balance Scale (FAB)</i> .....	45
6.3.2.4 <i>Le Falls Efficacy Scale-International (FES-I)</i> .....	46
6.3.2.5 <i>Le Fatigue Scale for Motor and Cognitive Functions (FSMC)</i> .....	47
6.3.2.6 <i>Double tâche</i> .....	47
6.4 Procédure de collecte de données .....	50
6.5 Analyses des données.....	54
<b>7. Résultats</b> .....	56
7.1 Tests et questionnaires cliniques.....	56
7.2 Temps de réaction et variables de l'équilibre .....	58
7.2 Réussite de la tâche .....	66
7.3 Le coût de la double tâche.....	69
<b>8. Discussion</b> .....	71
8.1 Le DTC .....	71
8.2 Le temps de réaction .....	74
8.3 L'équilibre.....	75
8.4 Forces et limites .....	77
8.5 Avenues de recherche .....	79
<b>9. Conclusion</b> .....	80
<b>Références</b> .....	81
<b>Annexes</b> .....	94
Annexe 1: Formulaire de consentement pour participants SEP-Français .....	95
Annexe 2: Formulaire de consentement pour participants SEP-Anglais .....	103
Annexe 3: Formulaire de consentement pour participants sains-Français .....	111
Annexe 4: Formulaire de consentement pour participants sains-Anglais .....	119

Annexe 5: Questionnaire général-Français .....	127
Annexe 6: Questionnaire général-Anglais .....	129
Annexe 7: MoCA-Français .....	131
Annexe 8: MoCA-Anglais .....	133
Annexe 9: Grille d'évaluation du FAB .....	135
Annexe 10: FES-I-Français.....	140
Annexe 11: FES-I-Anglais.....	142
Annexe 12: FSMC .....	144
Annexe 13: Script temps de réaction .....	147
Annexe 14: Feuille de manipulation .....	160
Annexe 15: Reçu- Français.....	162
Annexe 16: Reçu-Anglais .....	164

## Liste des tableaux

Tableau 1: Études sur la DT qui utilisaient comme tâche motrice la marche .....	16
Tableau 2: Études sur la DT qui utilisaient comme tâche motrice l'équilibre .....	17
Tableau 3: Modalités utilisées pour l'évaluation de l'équilibre des études de la recension..	25
Tableau 4: Modalités utilisées pour l'évaluation de la marche des études de la recension...	27
Tableau 5: Tests d'évaluation cognitive utilisés dans la recension .....	31
Tableau 6: Tests utilisés pour évaluer l'équilibre des études de la recension .....	32
Tableau 7: Les questionnaires pour quantifier la fatigue des études de la recension .....	33
Tableau 8: Questionnaire qui évalue l'anxiété et la dépression utilisée dans la recension	34
Tableau 9: Le test de spasticité utilisé par une étude de la recension.....	35
Tableau 10: L'évaluation de la douleur dans les études de la recension .....	36
Tableau 11: Caractéristiques principales du groupe SEP et du groupe Sain .....	56
Tableau 12: Moyennes des tests et questionnaires cliniques chez les deux groupes.....	57
Tableau 13: Résultats des ANOVA à mesure répétées pour les variables temps de réaction, vitesse, étendue M-L et étendue A-P .....	65
Tableau 14: Taux de participants par groupe qui ont réussi les conditions posturales demandé .....	66
Tableau 15: Caractéristiques des participants du groupe SEP qui ont accomplis et inaccomplis la condition tandem (ST et DT).....	67
Tableau 16: Moyennes des tests et questionnaires cliniques chez les deux groupes.....	68

## Liste des figures

Figure 1: Processus de la recension des écrits .....	10
Figure 2: Représentation graphique du DTC .....	18
Figure 3: Représentation du DTC des études qui utilisaient la marche comme tâche motrice .....	20
Figure 4: Représentation graphique du DTC des études qui utilisaient l'équilibre comme tâche motrice.....	21
Figure 5: Les types de tâches posturales lors de l'évaluation de la double tâche.....	53
Figure 6: Temps de réaction pour chaque condition posturale des deux groupes .....	58
Figure 7: Vitesse d'oscillation pour chaque condition posturale des deux groupes .....	59
Figure 8: Étendue médio-latéral de chaque condition des deux groupes .....	61
Figure 9: Étendue antéro-postérieur de chaque condition des deux groupes .....	63
Figure 10: Représentation graphique du DTC du temps de réaction et de la vitesse d'oscillation de chaque condition posturale pour les deux groupes .....	69



## Liste des abréviations

25-FWT: *25-Foot Walking Test*

ABS: *The Activities-specific Balance Confidence Scale*

BBS: *Berg Balance Scale*

DT: *Double tâche*

FAB: *Fullerton Advanced Balance Scale*

FES-I: *Falls Efficacy Scale-International*

FSMC: *Fatigue Scale for Motor and Cognitive Functions*

FSS: *Fatigue Severity Scale*

HADS: *Hospital Anxiety and Depression Scale*

MAS: *Modified Ashworth Scale*

MFIS: *Modified Fatigue Impact Scale*

MMSE: *Mini-Mental State Examination*

MoCA: *Montreal Cognitive Assessment*

MSWS-12: *12-Item MS Walking Scale*

PPA: *Physiological Profile Assessment*

PSEP : *Personnes atteintes de sclérose en plaques*

SBC: *Silent Backward Counting*

SCWT: *Stroop Color-Word Test*

SEP: *Sclérose en plaques*

SDMT: *Symbol Digit Modalities Test*

SF-MPQ: *McGill Pain Questionnaire*

SRT: *Buschke Selective Reminding Test*

ST: *Simple tâche*

TAP: *Test of Attention Performance*

T25FW: *Timed 25-Foot Walk*

TMT: *Trail Making Test*

## Remerciements

Entamer une maîtrise est une aventure vers l'inconnu. Il n'est plus question de trouver la réponse à tous par l'entremise d'un article scientifique, mais bien de trouver ses propres réponses. Un mémoire ne représente qu'une partie infime des connaissances acquises durant ce cheminement. Le travail sur soi-même, les liens d'amitié et les compétences acquises à travers cette aventure ont fait de moi une meilleure personne.

Je voudrais remercier sincèrement Mathieu Bélanger et Grant Handrigan de m'avoir accompagné dans cette odyssée. Votre appui, patience et compréhension m'ont grandement réconforté dans mes moments de doute. Vous m'avez donné l'opportunité de développer mes connaissances et de toujours croire en moi. Vous êtes une source incroyable d'inspiration pour moi.

Comme dans chaque voyage, nous passons plus de temps à un certain endroit. Cet endroit nous est précieux, car il nous apporte un sentiment de bien-être total. Frank, Emilie et Véro, le local B216 est ce lieu. Notre amitié a grandi pour devenir ce qu'elle est aujourd'hui. Jamais je ne vais oublier le soutien et l'influence que vous m'avez apportés. Vous êtes des amis en or.

Le soutien est essentiel pour pouvoir terminer une expédition. Je voudrais remercier le Dr Marrero et Tammy Johnson pour l'appui incroyable dans le recrutement des participants. Un gros merci au personnel du Bureau d'appui à la recherche du réseau de santé Vitalité, des étudiants du Laboratoire d'analyses du mouvement et de tous les membres du Centre de formations médicales du Nouveau-Brunswick. Merci aux 44 participants qui ont pris part à mon projet.

Entreprendre un voyage seul nous permet d'apprendre plus sur soi-même, mais partager tous les trésors que l'on découvre avec quelqu'un est unique. Vanessa, tu as décidé de m'accompagner sur mon chemin. Tu m'as appuyé dans les moments où j'en avais le plus besoin. Tu m'as permis de m'arrêter et d'apprécier toutes les réussites sur ma route. Bref, voir la lumière au fond du tunnel. Tu me permets d'être meilleur de jour en jour.

# 1. Introduction

La sclérose en plaques (SEP) touche plus de 2,3 millions de personnes à l'échelle mondiale, soit une prévalence de 33 cas par tranche de 100 000 personnes (Browne et al., 2014). Au Canada, la SEP est la maladie neurodégénérative qui touche le plus de jeunes adultes et sa prévalence est sept fois celle du niveau mondial. En ce qui est des régions du Canada, l'Atlantique a le taux de prévalence le plus élevé avec un taux de 350 cas par tranche de 100 000 personnes, soit près de dix fois la prévalence mondiale (Beck et al., 2005). L'âge du diagnostic de la SEP est typiquement entre 15 et 40 ans et la maladie touche trois fois plus de femmes que d'hommes (Beck et al., 2005).

La SEP est une maladie du système nerveux central qui s'accompagne de plusieurs symptômes. De la fatigue générale, une faiblesse musculaire et une diminution des capacités sensorielles font partie des symptômes de la maladie. De plus, les troubles de cognition et de l'équilibre sont les symptômes les plus prévalents et les plus incapacitants dans la réalisation des activités de la vie quotidienne chez cette population (Matsuda et al., 2012; Amato et al., 2006). D'ailleurs, il est établi que le contrôle postural nécessite des ressources cognitives (Lajoie et al., 1993). Une manière d'évaluer cette interaction est d'utiliser le paradigme de la double tâche. La double tâche (DT), soit deux tâches faites simultanément, est souvent utilisé en recherche pour démontrer la synergie entre la cognition et l'équilibre et comment une maladie neurodégénérative peut affecter la demande attentionnelle et la performance comparée à l'accomplissement d'une simple tâche (ST) (Learmonth et al., 2017; Wajda et Sosnoff, 2015). Par exemple, une personne marche plus rapidement lorsqu'elle ne doit pas accomplir d'autres tâches comparées à lorsqu'elle marche et écrit sur son téléphone cellulaire. Plusieurs modalités de DT sont utilisées, soit différentes tâches motrices avec multiple tâche cognitive qui apportent des résultats variés chez les personnes atteintes de SEP.

D'autre part, plusieurs études prennent en considération seulement la performance d'une tâche lors de la DT, ce qui amène à un questionnement des ressources attentionnelles sur la seconde tâche. De ce fait, on comprend encore mal l'effet d'une tâche cognitive spécifique sur l'équilibre et vice-versa chez les personnes atteintes de SEP.

Dans ce mémoire, nous allons explorer l'effet d'une DT spécifique chez les personnes atteintes de sclérose en plaque. Plus précisément dans le prochain chapitre nous allons présenter une problématique générale qui inclura une présentation de ce qu'est la sclérose en plaques et les problèmes qui sont liés à la maladie. La problématique sera suivie d'une recension des écrits qui décrit les connaissances dans le domaine de la DT chez cette population menant à un chapitre qui explique les objectifs, méthodologie, résultats et discussion de cette étude.

## **2. Problématique**

### **2.1 La sclérose en plaques**

La sclérose en plaques est la maladie neurodégénérative qui touche le plus les jeunes adultes au Canada (Amankwah et al., 2017). La SEP est une maladie du système nerveux central qui est considérée comme auto-immune. Le système immunitaire va attaquer les gaines de myéline qui est une enveloppe composée principalement de gras qui sert d'isolant à l'axone dans la cellule nerveuse. Ces gaines de myéline vont être abimées ce qui va causer une diminution dans la vitesse de l'influx nerveux (McAlpine et Compston, 2005). Les bases étiologiques de la SEP sont floues et différentes hypothèses sont partagées dans le domaine de la neurologie (Milo et Kahana, 2010). L'environnement et la génétique semblent néanmoins être des facteurs majeurs dans le développement de la maladie (Goodin, 2009).

Pour ce qui est de l'environnement, on note que les personnes qui vivent dans les régions qui sont situées dans l'hémisphère nord, loin de l'équateur ont une prévalence plus élevée de la maladie que les gens habitant les pays qui sont plus près de l'équateur terrestre. Par exemple, le Canada (240 cas par 100 000 personnes) et la Suède (189 cas par 100 000 personnes) (Ahlgren et al., 2011) ont des prévalences de SEP nettement supérieures à celle du Brésil (5 cas par 100 000 personnes) (da Gama Pereira et al., 2015). Cette différence de prévalence peut être causée par une différence dans le nombre d'heures de soleil par jour, modifiant ainsi les probabilités de carence en vitamine D. Le corps humain transforme la lumière UV en vitamine D et il a été suggéré que cette vitamine a un effet de diminuer les risques de SEP (Munger et al., 2004).

De plus, les gens de l'Amérique du Nord auraient un même profil génétique semblable à ceux de l'Europe (Goodin, 2009). Les Canadiens ont fréquemment un profil génétique similaire à celui des pays colonisateurs d'Europe tel que l'Angleterre (140), l'Irlande (190), l'Écosse (200) et de la France (58) où les taux de prévalences de SEP sont aussi élevés (Milo & Kahana, 2010). Cependant, d'autres races non issues de l'Europe peuplent le Canada comme les peuples autochtones qui ont des taux de prévalences relativement bas comparés aux Caucasiens du Canada (Svenson et al., 2007).

En ce qui trait au diagnostic de la SEP, les neurologues utilisent les critères de McDonald révisés en 2010 (Polman et al., 2011). De cette manière, pour qu'une personne soit diagnostiquée elle doit avoir les critères suivants: 1) une évidence de dommage dans deux ou plusieurs zones du système nerveux central (cerveau, moelle épinière ou encore les nerfs optiques). 2) Une évidence de dommage (dans deux ou plusieurs zones) dans un intervalle de temps de 1 mois ou plus caractérisé par des crises. 3) Les dommages ou symptômes n'ont pas pour cause une autre maladie. Ces évidences sont démontrées avec l'aide de l'imagerie par résonance magnétique et la ponction lombaire. Une autre technique de diagnostic est le test de potentiel évoqué (Kraft, 2013). En effet, il y a trois types de potentiels évoqués qui sont utilisés soit : 1) Les potentiels évoqués visuels par la conduction nerveuse dans les voies optiques. 2) Les potentiels évoqués somesthésiques par une stimulation divers points le long des nerfs périphériques de la moelle épinière, le tronc cérébral et du cortex somatosensoriel. 3) Les potentiels évoqués auditives par le déclenchement des clics auditifs et enregistrés sur le cortex. Cette dernière technique permet de mesurer de manière physiologique la réponse de la modification du potentiel électrique du système nerveux lors d'une stimulation externe.

Les symptômes qui accompagnent la maladie sont généralement la fatigue, des troubles de la vision, des vertiges ou encore, les fourmillements. La diminution de l'équilibre et les troubles cognitifs chez les personnes atteintes de SEP sont présents même au stade initial de la maladie (Glanz et al., 2007; Martin et al., 2006). Ces deux troubles sont associés à une augmentation du risque de chute chez cette population (Hoang et al., 2014) qui apporte des retombées négatives dans la vie de ces personnes, d'autant plus que la plupart des activités de la vie quotidienne demandent un contrôle de l'équilibre et de l'attention.

De ce fait, une étude de Matsuda et al. (2011) démontre que sur 58,2 % des participants atteints de la SEP de leur étude avait au moins chuté une fois dans une période de six mois et 58,5 % des chutes avaient mené à des complications médicales. De plus, les personnes atteintes de SEP qui ont eu des complications médicales ont peur de chuter à nouveau et de cette manière limiter leurs activités de la vie quotidienne.

## 2.2 L'équilibre

Le maintien de l'équilibre est essentiel chez l'être humain dans la réalisation des activités de la vie quotidienne et elle se détériore en présence d'une maladie neurodégénérative. L'équilibre consiste en une synergie de systèmes qui agissent les uns avec les autres pour que l'humain puisse rester en équilibre. Le contrôle de l'équilibre demande l'interaction de trois principaux systèmes, soit le sensorielle, la vision et le vestibulaire (Zech et al., 2010; Assländer et Peterka, 2014).

Chez les personnes atteintes de sclérose en plaques (PSEP), le système sensoriel est atteint par la maladie. Les gaines de myéline qui composent les cellules nerveuses sont dégradées par la maladie, ce qui cause une altération dans la transmission de l'influx nerveux. Il y a donc une altération dans le mécanisme de la motricité chez cette population. Par exemple, les PSEP ont un patron de marche différent des personnes saines, même au début de la maladie (Martin et al., 2006). De plus, ils ont une diminution du contrôle de l'équilibre statique, soit ils se balancent plus lorsqu'ils doivent rester dans la même position pour un certain temps (Cattaneo et Jonsdottir, 2009). Les PSEP sont à risque de problème d'équilibre (Frzovic et al., 2000). Plus de 50% de ces gens vont chuter au moins une fois dans une période de trois à six mois (Matsuda et al., 2011). Plusieurs symptômes de la maladie sont reliés à la perte du contrôle de l'équilibre. La fatigue générale qui touche 83% des PSEP (Minden et al., 2006) est associée avec des changements dans les paramètres de la marche. En effet, cette fatigue se caractérise comme un manque d'énergie physique et/ou mentale qui est perçue par un individu (Fatigue and Multiple Sclerosis, 1998). Selon une étude de Mazumder et al., (2014), 14% des PSEP ont rapportées que la fatigue était la cause de leurs chutes contrairement aux gens supposément asymptomatiques où la chute n'avait pas comme cause la fatigue. En termes d'adaptation, les PSEP vont souvent soit marcher moins vite,

adopter une longueur de foulées moins grande ou encore avec une cadence moindre (Sacco et al., 2011).

La vision est un des systèmes touchés par la maladie. Chez les PSEP, les problèmes de vision sont caractérisés par la névrite optique qui touche plus de 50% de cette population (Arnold, 2005). Elle consiste en une inflammation qui touche les nerfs optiques. Elle peut faire perdre la vision de manière permanente ou partielle chez les PSEP. La vision est essentielle afin de maintenir l'équilibre et éviter les obstacles dans l'environnement qui peuvent causer des chutes (Patla, 1997).

Le système vestibulaire est aussi essentiel pour rester en équilibre. Ce système est présent dans l'oreille interne et il permet de détecter les accélérations linéaire et angulaire de la tête et les forces gravitationnelles qui agissent sur le corps (Khan & Chang, 2013). Une altération de ce système peut apporter du vertige qui amène de la difficulté dans le contrôle de l'équilibre. Une étude faite par Zeigelboim et al. (2008) démontre que plus de 86% des PSEP qu'ils ont évaluées démontraient des problèmes d'altérations du système vestibulaire. De cette manière, la perception et l'intégration de l'information par ce système sont moins efficaces et apportent des troubles du maintien de l'équilibre.

Un autre facteur essentiel pour rester en équilibre est la cognition (Lajoie et al., 1993; Teasdale et al., 1993). La SEP n'épargne pas cette facette de la synergie de l'équilibre, l'attention et la vitesse de traitement de l'information sont essentielles pour rester en équilibre. D'ailleurs, la vitesse de traitement de l'information qui est ralentie dû à la SEP est associée avec un risque accru de chute. Effectivement, l'étude de Sosnoff et al. (2013) démontre que les PSEP qui étaient des chuteurs récurrents avaient une vitesse de traitement de l'information moindre comparé aux PSEP qui avaient chuté qu'une seule fois selon leurs résultats du Paced Auditory Serial Addition Test et du Symbol Digit Modalities Test. De ce fait, il est pertinent de prendre en considération l'interaction entre la cognition et l'équilibre chez les PSEP.

### 2.3 La cognition

La cognition est un des premiers systèmes touchés au début de la maladie et continue de se détériorer dans le cheminement de la maladie (Julian, 2011). Les problèmes reliés à la cognition touchent 40 à 70% des PSEP (Benedict et al., 2006; Chiaravalloti et DeLuca,

2008). La SEP touche plusieurs facettes de la cognition comme l'attention, les fonctions exécutives ou encore la mémoire à long terme (Paul et al., 1998; Thornton et al., 2002). De plus, la vitesse de traitement de l'information et la mémoire de travail semblent être les processus mentaux qui sont le plus affectés chez les PSEP. La vitesse de traitement de l'information se réfère au rythme auquel les différentes opérations mentales sont déclenchées et exécutées. C'est d'ailleurs la détérioration cognitive la plus prévalente chez les PSEP (DeLuca et al., 2004). Pour ce qui est de la mémoire de travail, elle se caractérise par l'habilité à maintenir de l'information pour une courte période de temps dans le but de manipuler cette information avec des processus cognitifs plus complexes (Baddeley, 2003). Des problèmes avec la mémoire de travail peuvent être perçus même au début de la maladie. D'ailleurs l'étude d'Audoin et al. (2005) démontre que les participants qui avaient des syndromes cliniques isolés qui pouvaient être évocateurs de la SEP avaient un score moins élevé que les participants asymptomatiques lors de la performance du Paced Auditory Serial Addition Test (PASAT). Le PASAT est un test cognitif où les participants devaient écouter un enregistrement auditif où un nombre est nommé toutes les trois secondes. Les participants se font demander d'additionner le nombre qu'ils venaient juste d'entendre avec celui qu'ils avaient entendu précédemment.

D'ailleurs, une interaction existe entre ces deux détériorations cognitives chez les PSEP (Lengenfelder et al., 2006). Cette interaction a lieu dans un processus qui se nomme l'efficacité du traitement de l'information, soit l'utilisation de la mémoire de travail pour maintenir et manipuler une information donnée et la vitesse de traitement de cette soi-disant information. Les tâches qui demandent de l'attention sont souvent associées avec les deux composantes de l'efficacité du traitement de l'information. Les simples tâches d'attention comme répéter des noms ne sont pas touchées par la maladie (Benedict et al., 2006) contrairement aux tâches doubles où l'attention est divisée sur les composantes de la double tâche, soit par exemple la tâche motrice et la tâche cognitive (McCarthy et al., 2005). D'ailleurs, l'attention et la vitesse de traitement de l'information sont cruciales dans le contrôle de la mobilité chez les PSEP, surtout durant la double tâche (Learmonth et al., 2014).



## 2.4 L'interaction cognitivo-motrice

Le paradigme de la double tâche permet de quantifier l'interaction cognitivo-motrice (ICM). Ce phénomène est caractérisé par une diminution ou une augmentation de la performance d'une tâche cognitive ou motrice quand les deux sont performées en même temps (Woollacott et Shumway-Cook, 2002). Plus précisément, et selon la théorie de la capacité attentionnelle, le contrôle de l'équilibre et de la cognition compétitionnent pour des ressources attentionnelles et lorsqu'il y a une tâche plus difficile que l'autre lors de la DT, une majorité de l'attention va être portée sur cette tâche primaire qui est plus difficile au détriment de la tâche secondaire qui est moins compliquée (Stins & Beek, 2012). Plusieurs autres théories existent sur la demande attentionnelle lors de la double tâche. Par exemple, la théorie de la tête de bouteille soutient qu'il y a un point lors du traitement de l'information où seulement une tâche peut être performée ce qui cause une diminution de performance de l'autre tâche lors de la DT (Pashler, 1994). Il a aussi été suggéré que la conscience peut modeler les perceptions des exigences environnementales et de la situation pour susciter une priorisation consciente d'une tâche par rapport à l'autre (Lezak, 1995). En effet, il est proposé qu'un individu puisse estimer de manière optimale la façon de réagir à son environnement et de prendre en compte les limites de sa personne. Plusieurs facteurs peuvent agir sur cette soi-disant performance comme la nature des tâches (difficulté des tâches), le but du participant (performance ou non), la motivation et les instructions données aux individus pour la réalisation de la DT (Shumway-Cook et al., 1997; Kelly et al., 2012). Cette dernière théorie démontre le défi de l'évaluation de la performance cognitive ou motrice lors de la double tâche.

En général, plusieurs études démontrent que les PSEP lors de la DT vont être moins stables et vont avoir une diminution de la vitesse de marche, donc une diminution de la performance motrice. Cependant, plusieurs modalités en ce qui trait des types de DT existent dans les études qui portent sur le sujet. Comme expliqué auparavant, lors de la DT, il y a deux types de tâches. Pour ce qui est de la tâche cognitive, différents types de tâches cognitives peuvent être utilisés lors de l'évaluation de la DT. Des tâches qui touchent des processus cognitifs distincts ou encore des tâches motrices qui abordent différents processus moteurs lors de la double tâche vont donner des résultats divergents. D'ailleurs, la plupart

des études qui portent sur le sujet ne prennent aucunement en considération l'effet de la tâche motrice sur la tâche cognitive.

En somme, la SEP est une maladie du système nerveux central particulièrement commune au Canada. Cette maladie s'accompagne de plusieurs symptômes qui peuvent nuire à la qualité de vie des PSEP. On estime entre autres que les PSEP sont plus à risque de subir des chutes en raison d'une moins grande capacité de performer une combinaison de tâches simultanément. Néanmoins, même si on utilise couramment des épreuves de DT en recherche, peu d'études peuvent démontrer si chacune des composantes cognitive et motrice de la DT est améliorée, détériorée ou identique à celle de la ST parmi les PSEP. De ce fait, il est essentiel que les recherches sur les mécanismes sous-jacents à l'interaction cognitivo-motrice chez les PSEP puissent quantifier l'effet d'une tâche sur l'autre lors de la DT afin d'en apprendre plus sur la demande attentionnelle chez les PSEP.

### **3. Recension des écrits**

#### **3.1 Procédure de la recension des écrits**

Cette recension des écrits vise à assembler les connaissances dans le domaine scientifique sur la relation entre les contributions cognitives et le contrôle de la posture chez les PSEP. Trois bases de données ont été utilisées pour récolter les articles pertinents, soit PubMed, Science Direct et SPORTdiscus. Les mots-clés utilisés avaient des différences mineures entre les bases de données. Les énoncés suivants furent utilisés dans PubMed et dans les deux autres bases de données avec des termes analogues : ("Multiple Sclerosis") AND ("Dual task" OR "Single task" OR "Dual task cost" OR "cognitive motor interference").

Plus de 60 références ont été trouvées avec ces termes dans les trois banques de données avec un total de 40 références à la suite du retrait des 20 doublons. Après la lecture des titres, un total de 24 articles a été retenu par leurs pertinences. À la suite de la lecture des résumés, un total de 19 articles a été retenu. Les articles ont ensuite été lus au complet et 15 articles ont été retenus pour la recension des écrits. La procédure de la revue de littérature est aussi résumée à la figure 1.

Cette recension des écrits a pour but d'identifier les études qui avaient comme sujet le DT chez les PSEP. Plus précisément, une attention particulière va être apportée sur les limites des études existantes. De cette manière, ce chapitre présente une explication des types de tâches motrices et cognitives utilisées pour déterminer le DT chez cette population, les outils utilisés et les lacunes au niveau méthodologiques de ces études.

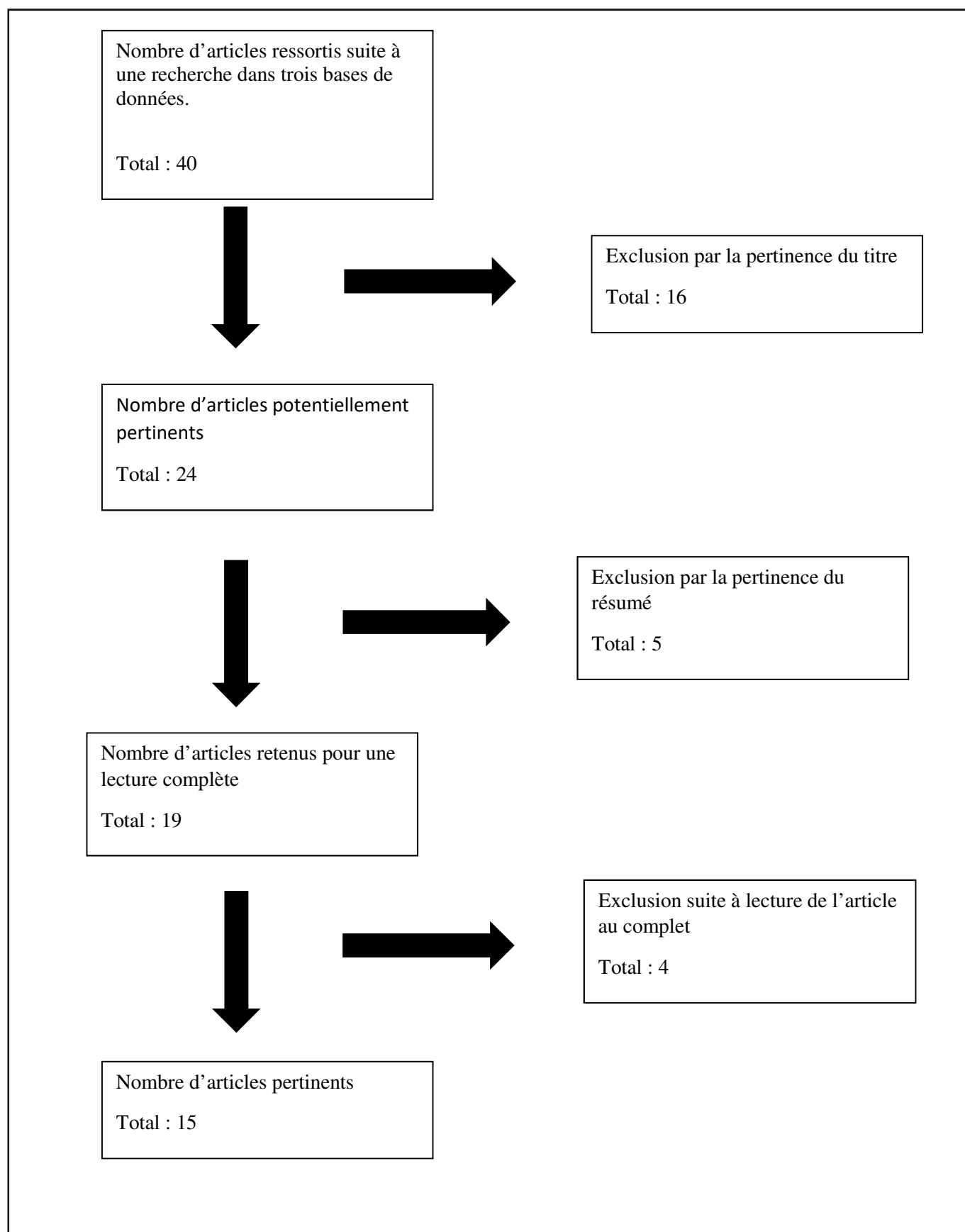


Figure 1: Processus de la recension des écrits

### 3.2 Double tâche

Plusieurs études démontrent qu'il y a une interférence entre les fonctions cognitives et motrices dans divers types de doubles tâches (cognitives et motrices) (Prosperini et al., 2015; Learmonth et al., 2016). Différentes tâches motrices furent utilisées dans les études sur la double tâche chez les personnes atteintes de sclérose en plaques, soit deux types en particulier. Des tâches motrices qui prennent en considération la posturographie statique ou dynamique. Pour ce qui est des tâches cognitives, différents tests furent utilisés pour mesurer divers processus mentaux qui composent la cognition.

#### 3.2.1 Tâches motrices

Deux principaux types de tâches motrices furent utilisés dans les études sur la double tâche chez les PSEP, soit des tâches qui prennent en considération la posturographie dynamique et statique. Ces deux types de tâches permettent d'évaluer la motricité et permettre de différencier les gens sains et les PSEP qui ont même un niveau d'invalidité léger (Sosnoff et al., 2012; McLoughlin et al., 2015). La première est la marche, elle peut être quantifiée par un tapis instrumenté ou encore un système de caméra qui permet de fournir les paramètres spatio-temporels de la marche comme la vitesse, la longueur des pas ou encore la distance entre les pieds. Le deuxième est l'équilibre en position statique. Une plateforme de force est utilisée pour quantifier les éléments des oscillations posturales comme l'aire de déplacement du centre de pression (CdP), la vitesse du CdP dans différents axes ou encore les forces de réactions du sol (Winter, 1995). Dans cette recension, sept études ont pris en considération seulement la marche comme tâche motrice et six études avaient seulement la posturographie statique comme tâche motrice. Une étude a examiné les deux tâches motrices chez les PSEP (Etemadi, 2017).

Ces deux types de tâches motrices peuvent causer une interférence avec des tâches cognitives, soit l'interférence cognitivo-motrice (Prosperini et al., 2016; Learmonth et al., 2014). L'ICM reflète souvent le déclin de la performance motrice quand une seconde tâche cognitive est performée en même temps, soit une DT. L'ICM est souvent représenté par le coût de la double tâche (DTC). Ce coût prend en considération la performance de la simple tâche (ST) et la compare avec celle de la DT. Par exemple pour les oscillations posturales, soit un paramètre qui est la vitesse de balancement. Une vitesse de balancement élevée

démontre qu'il y a une diminution de l'équilibre comparé à une vitesse de balancement moindre où il y a une meilleure gestion de l'équilibre. La ST dans ce contexte va être seulement de rester en position debout pour une période de temps spécifique et pour ce qui est de la DT, la personne va devoir rester en position debout et faire une tâche cognitive précise. De cette manière, un DTC négatif indique qu'il y a une détérioration de la tâche lors de la DT comparé à la ST et un DTC positif indique une amélioration. Voici un exemple de la formule ci-dessous :

$$\text{DTC (\%)} = \frac{-(\text{vitesse d'oscillation}^{\text{DT}} - \text{vitesse d'oscillation}^{\text{ST}})}{(\text{vitesse d'oscillation}^{\text{ST}})} \times 100\%$$

Cependant, il faut prendre en considération l'échelle des tests lors du calcul du DTC. Par exemple, deux différents tests, soit le test A et le test B. Pour ce qui est du test A, un score haut indique qu'il y a eu une bonne performance et un score moindre met en évidence une performance inférieure. Contrairement au test A, un score haut démontre qu'il y eut une performance inférieure et un score moindre met en évidence une meilleure performance au test B.

Pour le test A, cette formule est de mise :

$$\text{DTC (\%)} = \frac{(\text{Score test A}^{\text{DT}} - \text{Score Test A}^{\text{ST}})}{(\text{Score Test A}^{\text{ST}})} \times 100\%$$

Pour le test B, cette formule est de mise :

$$\text{DTC (\%)} = - \frac{(\text{Score Test B}^{\text{DT}} - \text{Score Test B}^{\text{ST}})}{(\text{Score Test B}^{\text{ST}})} \times 100\%$$

De cette manière, un DTC négatif démontre qu'il y a eu une diminution de la performance et qu'un DTC positif démontre une augmentation de la performance lors de la DT. Pour cette recension, les DTC des études vont être exprimés de manière à ce qu'elles suivent cette logique. En revanche, plusieurs études de cette recension ont utilisé la même formule, mais pas avec le même standard ce qui portait à confusion. Par exemple, un DTC négatif qui représentait une amélioration aux tests ou encore un DTC positif qui interprétait une détérioration aux tests. C'est pour cette raison qu'un changement était nécessaire pour apporter une meilleure compréhension du DTC lors de la lecture de cette recension.

Dans quelques études, lors de la DT, le DTC indiquait qu'il avait une augmentation des oscillations posturales et des paramètres de la marche, donc une diminution de la performance motrice lors de la DT chez les PSEP (Etemadi, 2017; Properini et al., 2015; Wajda et al., 2014). Cependant, une autre étude a démontré le contraire. Les PSEP étaient plus stables lors de la DT que lors de la ST (Negahban et al., 2011). Le même phénomène existe aussi lors de la marche. Une étude (Nogueira et al., 2013) a démontré qu'il n'y avait aucune différence dans la performance d'une double tâche lors de la marche comparée aux performances du groupe témoin composé de gens asymptomatique. Un facteur important dans ces études est que la tâche cognitive était différente d'une étude à l'autre. Par exemple, l'étude d'Etemadi (2017) utilisait comme tâche cognitive le Silent Backward Counting par multiple de sept, le Stroop Color-Word Test (Prosperini et al., 2015), le Symbol Digit Modalities Test (Wadja et al., 2014) et le Silent Backward Counting par multiple de trois (Nagahban et al., 2011; Nogueira et al., 2013). De cette manière, le niveau de difficulté de la tâche cognitive pourrait agir sur l'attention optimale pour réussir une tâche motrice.

La réserve posturale est aussi un facteur qui peut agir sur l'équilibre des PSEP. Effectivement, la réserve posturale se définit comme la capacité d'un individu à répondre effectivement à un défi postural (Shumway-Cook & Woollacott, 2001). Cette capacité dépend de tous les facteurs qui permettent de rester en équilibre, soit les éléments qui composent le système sensoriel, musculaire ou encore les fonctions corticales supérieures. En effet, tous ces systèmes interagissent de manière collective à la capacité qu'un individu peut réagir à une perturbation posturale pour retrouver l'équilibre. Ainsi, les personnes qui ont des troubles neurologiques vont avoir des détériorations dans les systèmes moteurs,

sensoriels et corticaux qui vont amener à une diminution de la réserve posturale (Prosperini et al., 2015). Ce qui apporte une plus grande attention sur la tâche posturale, surtout lorsqu'il y a une tâche cognitive difficile. De ce fait, il est possible que différentes tâches cognitives puissent agir sur la performance d'une tâche motrice ou vice-versa.

### 3.2.2 *Tâches cognitives*

Les tâches cognitives sont essentielles dans le cadre d'une double tâche. Dans cette recension, quatre tests principaux ont été utilisés, soit le Symbol Digit Modalities Test (SDMT), le Word List Generation (WLG), le Stroop Color-Word Test (SCWT) et le Silent Backward Counting (SBC). Ces tests évaluent différentes fonctions cognitives.

Le SDMT pour sa part, évalue les composantes de l'attention et de la vitesse de traitement de l'information par une tâche qui consiste à remplacer des chiffres par des séries de formes géométriques le plus rapidement possible (Benedict et al., 2002). Le SDMT est un test valide qui permet de déterminer les différences entre les PSEP et les personnes saines au niveau de l'attention. De plus, il est fiable pour déterminer le niveau de déclin cognitif des PSEP (Drake et al, 2010).

Pour ce qui est du WLG, c'est un test verbal qui consiste à nommer le plus de mots d'une catégorie spécifique dans un temps limité qui permet d'évaluer la fluence verbale (Boringa et al., 2001). Deux types de WLG ont été employés par les études de cette recension. Par exemple, nommer le plus de mots d'une même catégorie (ex : animaux, nourriture) qui désigne une fluence verbale sémantique ou nommer le plus de mots qui commencent par une certaine lettre qui désigne une fluence verbale phonémique. Pour simplifier la compréhension des différents types de WLG, certaines abréviations vont être utilisées, soit WLG (S) pour sémantique et WLG (P) pour phonémique. Seulement l'étude d'Allali et al. (2014) ont quantifié le WLG en deux composantes distinctes, soit le WLG (S) et WLG (P). Pour les autres études qui utilisaient le WLG, les deux composantes étaient placées dans deux essais de DT pour ensuite faire une moyenne du DT de la tâche motrice et de la tâche cognitive. 7. Aucune étude à notre connaissance à démontrer la validité ou la fiabilité de ce test chez les PSEP ou les personnes saines lors de la DT. Cependant, le WLG fait partie des composantes du Montreal Cognitive Assessment et du Brief Repeatable



Battery of Neuropsychological Tests qui sont des tests valide pour évaluer la cognition chez les PSEP (Freitas et al., 2016; Neves et al., 2015).

Le SCWT pour sa part, permet d'explorer les fonctions exécutives et des composantes de l'attention. Ce test consiste à nommer la couleur des lettres qui compose les mots le plus vite possible (Morrow, 2013). D'ailleurs une étude de Tyburski et al. (2014) avait comme but de déterminer si le niveau d'humeur avait un effet sur le niveau d'attention, soit la performance du SCWT chez les PSEP. L'humeur n'avait aucun effet sur le niveau d'attention. Cependant, les PSEP ont moins bien performé sur le SCWT que les participants de l'autre groupe qui était composé de personnes supposément saines. Seulement une étude (Coghe et al., 2018) a démontré qu'une DT avec le SCWT comme tâche motrice est un outil valide pour évaluer CMI de la marche dans la SEP.

En ce qui est du SBC, il faut soustraire par un multiple spécifique d'un nombre aléatoire et continuer cette soustraction des réponses dans un temps précis. Plusieurs études ont utilisé le SBC, mais avec différents multiples, soit un, trois et sept. Cependant, l'étude d'Allali et al. (2014) a utilisé le SBC avec un multiple de 1, soit compter 50 à 1 et aussi une addition qui consistait à compter de 1 à 50. De ce fait, pour faciliter la compréhension des différents SBC durant la recension, diverses abréviations seront utilisées. 1) SBC (1) veut dire qu'il y a eu une addition par multiple de 1 2) SBC (-1) veut dire qu'il y a eu une soustraction par multiple de 1 3) SBC (-3) une soustraction par multiple de 3 4) SBC (-7) une soustraction par multiple de 7. Aucune étude à notre connaissance à démontrer la validité ou la fiabilité de ce test chez les PSEP et les personnes saines lors de la DT. Cependant, plusieurs études à démontrer l'effet du SBC sur l'ICM lors de la DT chez des participants atteints de la SEP (Etemadi, 2017; Downer et al., 2016; Allali et al., 2014; Nogueira et al., 2013; Negahban et al., 2011).

Ce test touche principalement la concentration, la mémoire à court terme et la mémoire fonctionnelle. De ce fait, cette variété de processus mentaux et la nuance de difficulté entre ces tests peuvent agir considérablement sur la performance chez les PSEP. Selon une étude de Kirkland et al. (2015), qui examinait l'effet de différentes tâches cognitives sur la marche, le SBC était la tâche la plus effective pour identifier des déficiences

dans la marche lors de la DT. Cependant, réciter les lettres de l'alphabet avait un effet rythmique qui stabilisait la marche plutôt que défier la demande attentionnelle de la marche.

Ces tests sont généralement utilisés avec la posturographie dynamique et statique, cependant peu d'études ont pris en considération l'effet de l'équilibre ou encore de la marche sur la performance de la tâche cognitive, soit par l'obtention d'une mesure de base pour la comparer lors d'une DT. En effet, la mesure de base de la tâche cognitive était rarement déterminée pour calculer le DTC de la tâche cognitive. Généralement, seulement le DTC de la marche et de l'équilibre étaient mesurés.

À cet égard, voici des tableaux (Tableau 1 et Tableau 2) qui représentent les tâches motrices et les tâches cognitives qui ont été utilisées dans les études sur la DT chez les PSEP de cette recension :

ID	Auteurs	Années	Nombre de participants	EDSS	Tâches cognitives
A	Etemadi	2017	60	5.0 ± 2.0 <sup>a,e</sup>	SBC (-7)
B	Downer et al.	2016	13	2.4 ± 2.5 <sup>a</sup>	SBC (-7)
C	Sandroff et al.	2015	28	3.0 (2.0-6.0) <sup>c</sup>	WLG
D	Allali et al.	2014	25	1.9 ± 1.0 <sup>a</sup>	SBC (1 et -1) et WLG (S et P)
E	Learmonth et al.	2014	61	4.0 (2.8) <sup>b</sup>	WLG (P)
F	Motl et al.	2014	82	3.5 (3.0) <sup>b,e</sup>	WLG (S et P)
G	Sosnoff et al.	2014	96	4.5 (3.0) <sup>b</sup>	WLG (S et P)
H	Nogueira et al.	2013	12	0.0-1.5 <sup>d</sup>	SBC (-3)
I	Wadja et al.	2013	33	6.0 (2.0) <sup>b</sup>	WLG (S et P)

Notes: <sup>a</sup>Moyenne ± Écart-type; <sup>b</sup>Médiane (IQR); <sup>c</sup>Médiane (Étendue); <sup>d</sup>Étendue; <sup>e</sup>self-reported; Expanded Disability Status Scale (EDSS).

Tableau 1: Études sur la DT qui utilisaient comme tâche motrice la marche.

ID	Auteurs	Années	Nombre de participants	EDSS	Tâches cognitives
J	Etemadi	2017	60	5.0 ± 2.0 <sup>a,e</sup>	SBC (-7)
K	Prosperini et al.	2016	52	3.0 (1.0-5.5) <sup>c</sup>	SDMT, WLG (S) et SCWT
L	Prosperini et al.	2015	92	2.5 (1.0-6.0) <sup>c</sup>	SCWT
M	Wadja et al.	2014	62	6.0 (2.0) <sup>b,e</sup>	WLG (S et P)
N	Boes et al.	2012	45	3.0 (0.5) <sup>b</sup>	WLG (S et P)
O	Kalron et al.	2011	52	1.7 ± 0.2 <sup>a</sup>	SCWT
P	Negahban et al.	2011	23	2.5 (1.1) <sup>b</sup>	SBC (-3)

Notes: <sup>a</sup>Moyenne ± Écart-type; <sup>b</sup>Médiane (IQR); <sup>c</sup>Médiane (Étendue); <sup>d</sup>Étendue; <sup>e</sup>self-reported; Expanded Disability Status Scale (EDSS).

Tableau 2: Études sur la DT qui utilisaient comme tâche motrice l'équilibre.

### 3.2.3 Interférence/facilitation cognitivo-motrice

Durant la DT, plusieurs types de scénarios peuvent être interprétés par rapport aux résultats de la performance de celle-ci comparée à celle de la ST de chaque tâche, soit le DTC. De ce fait, un total de 9 scénarios est possible avec les résultats du DTC (Plummer et Eskes, 2015). Ces différents types de scénarios sont résumés dans la figure (Figure 2) ci-dessous.

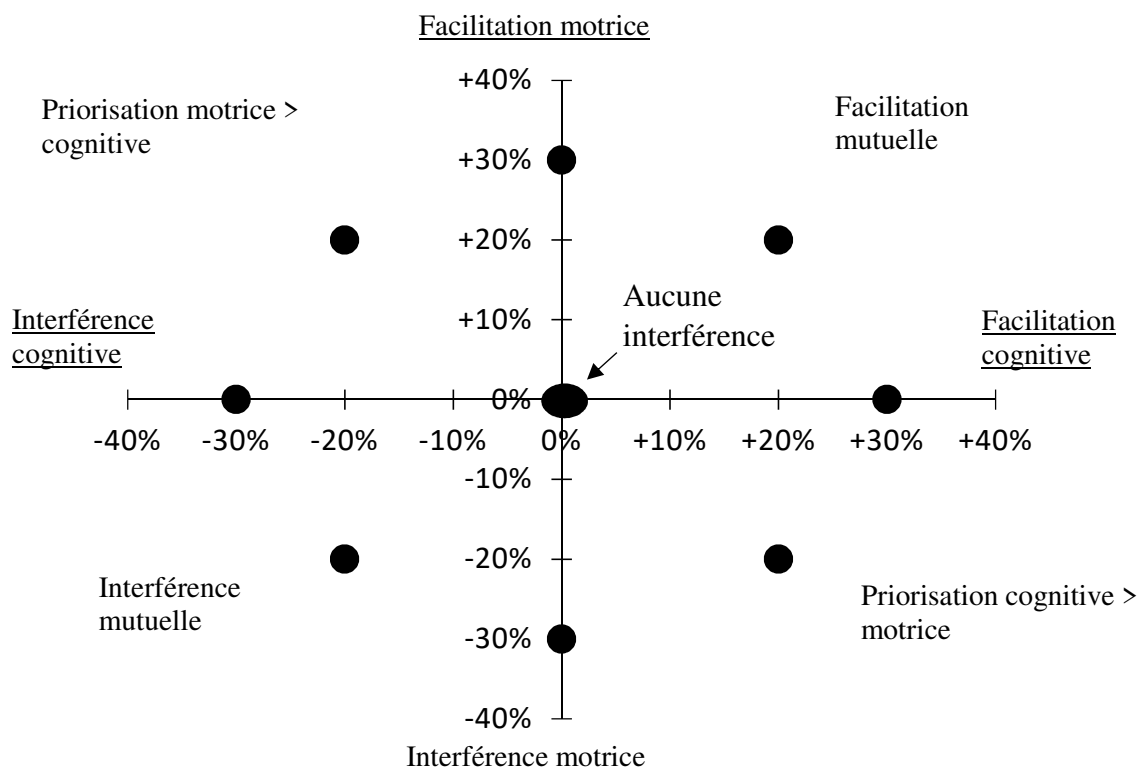


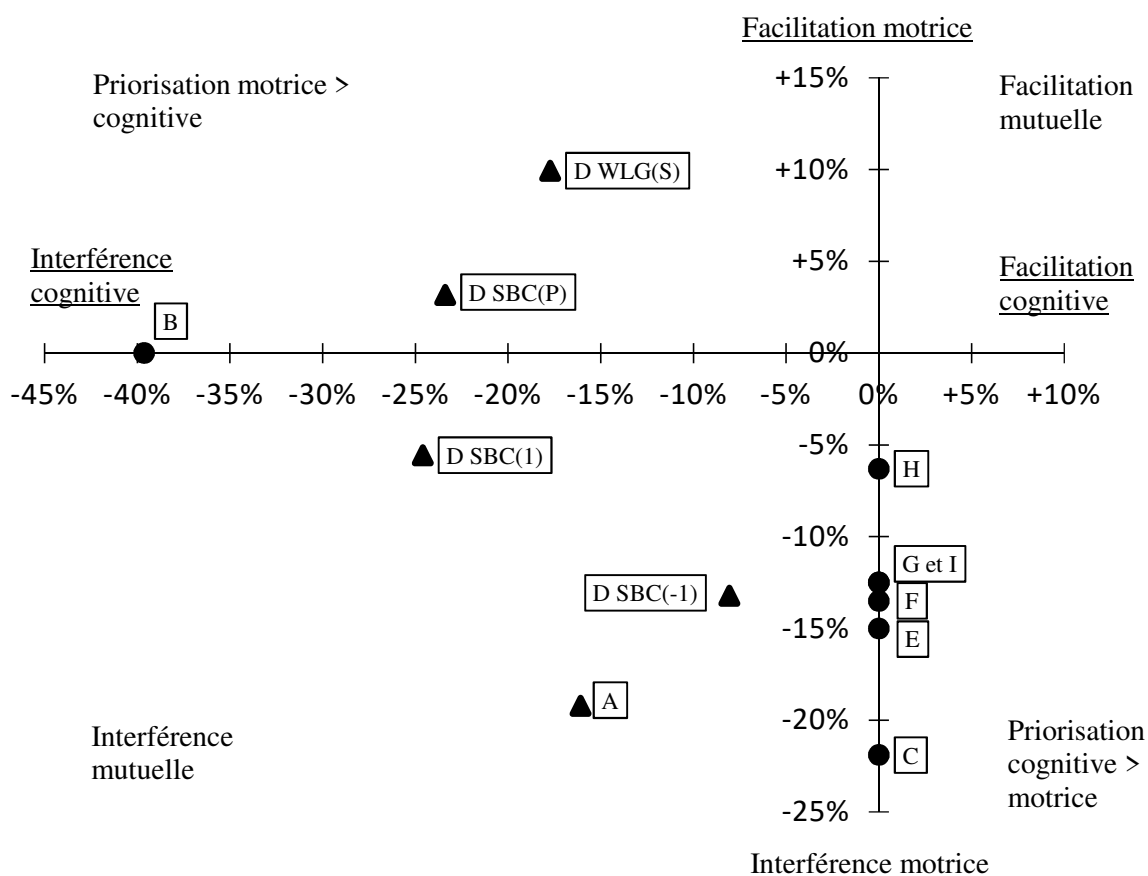
Figure 2 : Représentation graphique du DTC.

Comme la figure 2 le démontre, plusieurs phénomènes peuvent se produire durant une DT. L'axe des abscisses (axe x) représente la performance lors la tâche cognitive et l'axe des ordonnées (axe y) représente la performance lors de la tâche motrice. Ici, il y a quatre possibilités si le point représentant le DTC se trouve directement sur un des deux axes. 1) Il n'y a eu aucune interférence dans les deux performances des tâches (le point se trouve sur l'origine). 2) Il y a une facilitation dans une des tâches et aucune interférence dans la deuxième tâche (le point se trouve dans l'axe positif, soit de l'abscisse (cognitive) ou de l'ordonnée (motrice)) 3) il y a une interférence dans une des tâches et aucune interférence dans la deuxième tâche (le point se trouve dans l'axe négatif, soit de l'abscisse ou de l'ordonnée). En ce qui trait à la quatrième possibilité, c'est que les études de cette recension

n'ont pas pris en considération le DT d'une des deux tâches. Par exemple, s'ils ont quantifié le DT de la tâche motrice et qu'ils n'ont aucunement quantifié le DT de la tâche cognitive, le point qui représente le DT va être sur l'ordonnée (tâche motrice), mais ne va pas être représenté sur l'abscisse, car il n'a pas été quantifié (valeur inexistante). Le contraire existe aussi. Par exemple, s'ils ont quantifié le DT de la tâche cognitive et qu'ils n'ont aucunement quantifié le DT de la tâche motrice, le point qui représente le DT va être sur l'abscisse (tâche cognitive), mais ne va pas être représenté sur l'ordonnée, car il n'a pas été quantifié.

Pour ce qui des points qui sont dans les quadrants, il y a quatre possibilités. 1) Le premier quadrant représente une facilitation mutuelle (une meilleure performance dans les deux tâches). 2) Le deuxième quadrant représente une priorisation motrice (une meilleure performance dans la tâche motrice au détriment de la performance de la tâche cognitive). 3) Le troisième quadrant représente une interférence mutuelle (un déclin dans la performance des deux tâches). 4) Le quatrième quadrant représente une priorisation cognitive (une meilleure performance dans la tâche cognitive au détriment de la performance de la tâche motrice).

À cet effet, le même modèle de représentation de la performance lors de la DT va être utilisé pour représenter les résultats des études de la recension des écrits. La figure 3 présente le DTC des études qui avaient comme tâche motrice la marche et dans le cas de la figure 4, la position statique comme tâche motrice. Les lettres qui sont dans les prochaines figures représentent l'identité des études qui sont dans le tableau 1 et 2. De plus, les résultats des quatre différents DTC de l'étude d'Allali et al. (2014) ont été ajoutés dans la figure 3 et les trois différents DTC de l'étude de Prosperini et al. (2016) ont été ajoutés dans la figure 4.

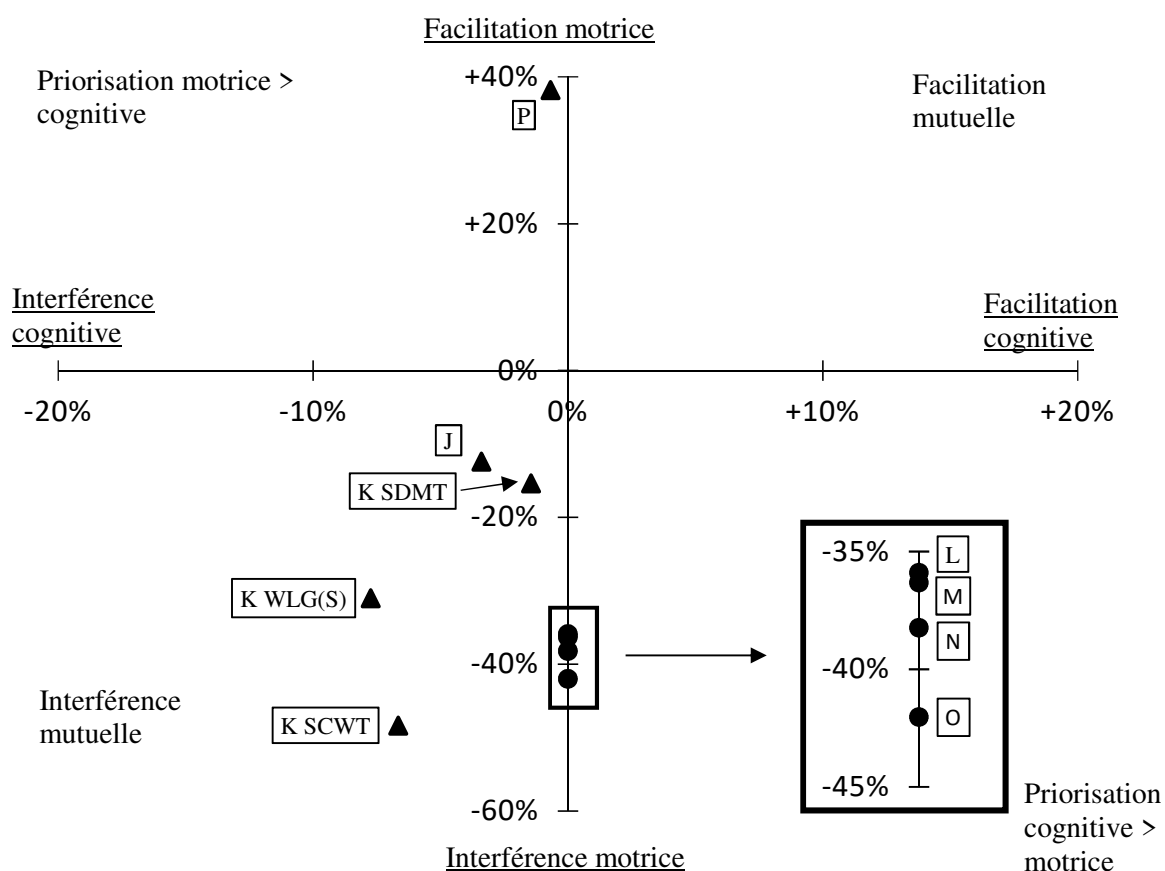


Notes: ▲: Représente les études qui ont quantifié le DTC des deux tâches. ●: Représente les études qui ont quantifié seulement le DTC d'une tâche.

Figure 3: Représentation du DTC des études qui utilisaient la marche comme tâche motrice.

Comme démontré dans la figure 3, neuf études sur le DT chez les PSEP avaient comme tâche motrice la marche. Dans ces neuf études, six documents démontrent une interférence motrice (Learmonth et al., 2014 ; Motl et al., 2014 ; Nogueira et al., 2013 ; (Sandroff et al., 2015 ; Sosnoff et al., 2014 ; Wajda et al., 2013), deux études démontrent une interférence mutuelle, soit deux différentes DTC de l'étude d'Allali et al. (2014) et une d'Etemadi (2017), une étude démontre une interférence cognitive (Downer et al., 2016) et une étude démontre une priorisation de la tâche motrice par rapport à la tâche cognitive de deux différents tests cognitive (Allali et al., 2014). Un détail pertinent est que seulement deux

études sur neuf études ont quantifié le DTC des deux tâches (Allali et al., 2014; Etemadi, 2017).



Notes: ▲ : Représente les études qui ont quantifié le DTC des deux tâches. ● : Représente les études qui ont quantifié seulement le DTC d'une tâche.

Figure 4 : Représentation graphique du DTC des études qui utilisaient l'équilibre comme tâche motrice.

Pour ce qui est des études qui prenaient la position statique debout (Figure 4), sept études ont utilisé le paradigme de la DT pour quantifier le DTC. À cet égard, les résultats de ces études démontraient de l'interférence motrice (Boes et al., 2012; Kalron et., 2011; Prosperini et al., 2015; Wajda et al., 2014), de l'interférence mutuelle (les trois tests de l'étude de Properini et al. (2016) et l'étude de Negahban et al., (2011)) et même de la priorisation de la tâche motrice par rapport à la cognitive (Etemadi, 2017). Sur les sept études, seulement trois études ont quantifié le DTC des deux tâches.

Ces études comportent plusieurs limites au niveau de la méthodologie. Par exemple, peu d'études ont pris en considération l'évaluation des DTC des deux tâches, les types de tâches cognitives différentes, des temps de collecte de données divergents et des niveaux d'invalidités différents chez les PSEP. Les prochaines parties vont expliquer plus en détails les limites méthodologiques de ces études.

Sur les 15 études de cette recension, seulement cinq études ont pris en considération le DTC de la tâche cognitive. De ce fait, de l'information essentielle sur la stratégie de priorisation d'une tâche sur l'autre chez les PSEP est absente (Plummer et Eskes, 2015). Effectivement, peu d'étude ont pris en considération le DTC de la tâche cognitive, car ils n'avaient pas pris les mesures de base pour celle-ci. Par exemple, l'étude de Prosperini et al., (2015) ont démontré que les PSEP avaient un DTC postural moindre (plus grandes oscillations posturales) lorsqu'elles devaient performer en même temps le SCWT comparé au groupe témoin. Cependant, il n'y a aucune information par rapport à la performance de la tâche cognitive. Donc, il y a lieu de se questionner sur si les PSEP ont mieux performé sur la tâche cognitive durant la DT (priorité cognitive), moins bien performé (interférence mutuelle) ou ont-elles les mêmes performances (interférence motrice). Un autre exemple concret est l'étude de Sosnoff et al. (2014) qui a démontré que les PSEP ont une diminution du DTC de la marche lorsqu'elles devaient compléter le WLG en même temps. Toutefois, comme l'étude précédente, aucune donnée de base ne fut collectée pour voir le DTC de la tâche cognitive (WLG) pour comparer l'effet de celle-ci sur la demande attentionnelle.

Dans l'ensemble des études qui avait comme tâche motrice l'équilibre, seules trois études ont pris en considération la donnée de base pour la tâche cognitive (Etemadi, 2017; Negahban et al., 2011; Prosperini et al., 2016). En ce qui concerne l'étude d'Etemadi (2017), il a utilisé comme tâche cognitive le SBC (-7) pour une période de 60 secondes en position assise comme simple tâche. Deux tâches motrices furent utilisées : la position debout avec les pieds à la largeur des épaules (yeux ouverts) et la marche. Les participants ont fait ces deux tâches motrices sans la tâche cognitive et pour une période de 60 secondes pour ensuite les faire en DT. Les résultats démontrent que le DTC de la vélocité de marche et la performance de la tâche cognitive en ST étaient associés à des risques de chutes récurrentes chez les PSEP. Cependant, il n'avait aucune évidence de relation entre les DTC de l'équilibre



et les risques de chutes récurrentes chez le même groupe. Pour ce qui est de l'étude de Prosperini et al. (2016), un groupe de 52 personnes atteintes de SEP et un groupe de 26 personnes saines devait faire le paradigme de la DT avec comme tâche motrice l'équilibre statique et avec trois différentes tâches cognitives différentes, soit le SDMT, le WLG (S) et le SCWT. Cette étude démontre que lors de la ST et de la DT, les PSEP avaient de plus grandes oscillations posturales que les personnes saines. Aussi, les PSEP ont des scores plus bas sur les SDMT, WLG et le SCWT que les personnes saines. Pour ce qui est de la DT, les PSEP avaient un DTC postural moindre significatif comparé aux groupes contrôles seulement quand ils performaient le SCWT et non le SDMT ou le WLG (S). En ce qui est du DTC de la tâche cognitive, il n'avait aucune différence de celle-ci entre les deux groupes pour les trois différentes tâches. Un autre point intéressant de cette étude est l'excellente fiabilité test-retest de toutes les données du DTC de l'équilibre et de la cognition ( $ICC=0.85-0.94$ ) dans une période de 30 jours. En ce qui trait de l'étude de Nagahban et al. (2011), le but de cette étude était de déterminer l'effet d'une tâche cognitive, soit le SBC (-3) sur l'équilibre statique chez deux groupes (PSEP et sains). En effet, les participants des deux groupes devaient performer en ST et en DT dans trois différentes conditions posturales, soit 1) debout sur une surface rigide avec les yeux ouverts 2) debout sur une surface rigide avec les yeux fermés 3) debout sur une surface de mousse avec les yeux fermés. Un résultat intéressant de cette étude est l'habilité de toutes les conditions en DT à discriminer les deux groupes. C'est qu'en effet, les PSEP avaient des performances moindres dans toutes les conditions posturales durant la DT. Pour ce qui est de la ST, la seule différence entre groupes a été dans la tâche la plus difficile, soit l'équilibre statique sur une surface de mousse avec les yeux fermés pour toutes les variables de l'équilibre (vitesse du COP, écart-type de vitesse antéro-postérieur et écart-type de vitesse médio-latérale), mais pas pour la zone de balance. Malgré que cette étude ait les données nécessaires pour quantifier le DTC des deux tâches, les auteurs n'ont pas présenté le calcul.

Naturellement, la DT crée une complétion pour la demande attentionnelle et l'allocation des ressources cognitives. C'est pour cette raison que les gens soumis au paradigme de la DT vont prioriser une tâche par rapport à l'autre dépendamment du danger de l'environnement ou encore les circonstances qui interposent la réussite d'une ou des deux tâches. De cette manière, un aspect qui peut influencer les performances des PSEP lors de la

DT est les directives qui sont instruites aux participants avant qu'ils accomplissent la soi-disant tâche. En effet, lorsqu'on va demander de prioriser une tâche par rapport à l'autre, la performance de celle-ci peut être influencée de plusieurs manières (Jehu et al., 2015; Siu et Woollacott, 2007; Remaud et al., 2013). De cette manière, sept études de la recension ont appliqué des directives dans la priorisation de la tâche, dont quatre avait comme directive de prioriser la tâche cognitive, trois études avaient comme consigne de diviser l'attention sur les deux tâches et aucune étude n'avait comme indication de prioriser la tâche motrice. Sur les 15 études de la recension, huit de ceux-ci n'avaient donné aucune instruction sur la priorisation d'une tâche en particulière. De ce fait, il est possible que les instructions données aux participants des études qui composent cette recension puissent avoir un effet sur leurs performances durant la DT.

Ainsi, une étude qui prend en considération le DTC des deux tâches lors de la DT chez les PSEP avec un groupe de comparaison composé de participants sains est nécessaire. De cette manière, les mécanismes attentionnels de la double tâche peuvent être mieux démystifiés chez cette population et ainsi, démontrer les relations qui existent entre différents types de motrices et cognitives sur les risques de chutes.

### 3.3 Évaluation de l'équilibre

Le domaine de la posturographie a été fructueux dans les vingt dernières années suite aux contributions de David A. Winter qui a apporté des méthodes et des concepts dans l'analyse du mouvement et de l'équilibre (Winter & Patla, 1997; Winter, 1991; Winter, 1995; Winter, 2009). La plateforme de force est un outil valide et fiable pour mesurer l'équilibre statique chez les PSEP. En effet, elle est utile pour déterminer les risques de chute chez cette population (Prosperini et al., 2013; Prosperini et Pozzilli, 2013). De plus, plusieurs études l'utilisent comme tâche motrice pour évaluer la DT chez les PSEP comme le démontre la recension des écrits de ce mémoire. De ce fait, plusieurs lignes directrices existent dans la quantification de cette dernière. Par exemple, le temps nécessaire passer sur la plateforme, le nombre d'essais de chaque condition posturale ou encore la fréquence d'acquisition des données est essentielle pour démontrer des données de l'équilibre fiables et précises. En ce qui concerne les études de cette recension, plusieurs modalités différentes ont été utilisées. Pour chaque étude, le nombre de différentes conditions posturales (ex: debout avec ST vs

debout avec DT), le nombre d'essais sur la plateforme de force de chaque condition, la durée des essais et la fréquence d'acquisition sont représentées dans le tableau (Tableau 3) ci-dessous:

<b>Auteurs</b>	<b>Années</b>	<b>Nombre de conditions</b>	<b>Nombre d'essais</b>	<b>Temps des essais (sec.)</b>	<b>Fréquence d'acquisition (Hz)</b>
Etemadi	2017	2	3	60	100
Prosperini et al.	2016	4	1	30	20
Prosperini et al.	2015	2	1	30	20
Wadja et al.	2014	2	2	30	NA
Boes et al.	2012	2	2	30	NA
Kalron et al.	2011	3	3	30	200
Negahban et al.	2011	3	3	30	100

NA: données manquantes dans l'article

Tableau 3: Modalités utilisées pour l'évaluation de l'équilibre des études de la recension.

De cette manière, on note que différentes modalités ont été utilisées par chaque étude qui évaluait l'équilibre. Pour ce qui est des conditions posturales, toutes les études avaient au moins une condition en commun, soit debout avec les yeux ouverts, les pieds la largeur des épaules avec les bras le long du corps sur une surface rigide (plateforme de force). Deux études (Kalron, et al., 2011; Negahban et al., 2011) ont pris en considération l'effet de la vision lors de l'évaluation de l'équilibre. Pour l'étude de Kalron et al. (2011), les participants devaient rester debout avec les yeux fermés en ST. Les deux groupes de l'étude (SEP et asymptomatique) avaient une augmentation de la vitesse de balancement plus élevée dans la condition avec les yeux fermés que celle avec les yeux ouverts. L'étude de Negahban et al. (2011) ont démontré les mêmes résultats en ce qui concerne les yeux fermés, mais aussi avec une autre condition, soit les yeux fermés sur une surface de mousse qui était sur la plateforme de force.

Pour ce qui est des nombres d'essais et le temps pour chaque condition, les nombres d'essais variaient entre un à trois et la durée d'essais de 30 secondes à 60 secondes. Deux études avaient un seul essai pour chaque condition (Prosperini et al., 2016;

Prosperini et al., 2015), deux études avaient deux essais pour chaque condition (Wadja et al., 2014; Boes et al., 2012) et trois études avaient trois essais pour chaque condition (Etemadi, 2017; Kalron et al., 2011; Negahban et al., 2011). Seulement, une étude (Etemadi, 2017) avait un temps d'acquisition des données supérieures à 30 secondes, soit 60 secondes pour chaque essai. Le nombre d'essais et la durée de ces essais peut être un facteur qui peut influencer la fiabilité des résultats des variables de l'équilibre mesuré par une plateforme de force. En effet, une étude de Doyle et al. (2007) avait comme but d'étudier la fiabilité des mesures des centres de pression en position debout pour établir un protocole optimal lors de l'évaluation de l'équilibre. Les quinze participants de cette étude devaient faire dix essais de 90 secondes en position debout avec les yeux ouverts et avec les yeux fermés. Suite à des calculs faits avec un outil qui utilisait la Generalizability theory, les variables de l'équilibre ont atteint un niveau de fiabilité acceptable avec au moins cinq essais de 60 secondes.

De cette manière, une autre étude, soit celle de Carpenter et al. (2001) avait comme but d'examiner l'effet de la durée des temps d'acquisition sur la fiabilité du centre de pression lors de l'évaluation du contrôle de la posture. Ils ont déterminé que quelques facteurs doivent être pris en considération en relation avec la durée d'acquisition. De ce fait, 49 participants devaient rester debout sur une plateforme de force pour trois essais de 120 secondes. Ainsi, les résultats démontrent que pour comparer des mesures d'une plateforme de force d'une même population entre différentes études ou dans une même étude, la durée d'acquisition doit être la même. Aussi, l'utilisation d'enregistrements de plus longue durée augmente la fiabilité des mesures, et donc peut augmenter la possibilité de découvrir des différences entre les groupes ou encore, des stratégies posturales utilisées par les participants. De ce fait, cette étude suggère que la durée optimale de collecte de donnée sur plateforme de force soit au moins de 60 secondes.

Ruhe et al., (2010) ont écrit une revue systématique de 32 articles qui utilisaient l'équilibre statique sur une plateforme de force. Cette étude a démontré qu'il faut au moins de trois à cinq essais de 90 secondes pour avoir une fiabilité acceptable pour la plupart des paramètres des variables du centre de pression évalué par la plateforme de force. Aussi, la fréquence d'acquisitions était une variable prise en considération dans cette étude. En effet, les études qui font partie de la recension de ce mémoire avaient des fréquences d'acquisitions

qui variaient entre 20 Hz et 200 Hz. Deux études n’avaient pas révélé la fréquence d’acquisition dans leur article (Wadja et al., 2014; Boes et al., 2012). Selon cette revue systématique, une fréquence d’acquisition d’au moins 100 Hz est requise. Une autre étude démontre qu’il faut fréquence d’acquisition d’au moins de 50 HZ semblent acceptable pour avoir des valeurs fiables (Scoppa et al., 2013).

Alors que diverses études ont étudié plusieurs paramètres semblables tels que la vitesse moyenne de balancement ou encore la surface de balancement, une différence dans les modèles d’étude peut avoir un impact énorme sur la comparabilité des résultats des diverses études qui représente cette recension.

### 3.4 Évaluation de la marche

Neuf études de cette recension ont utilisé la marche comme tâche motrice. En effet, la marche est une activité naturelle qui consiste en un déplacement en appui alternatif sur les jambes. Une diminution de cette activité peut entraîner des difficultés dans la réalisation des activités de la vie courante. De cette manière, le tableau (tableau 4) ci-dessous représente les études qui ont utilisé la marche comme tâche motrice et les modalités des ceux-ci.

<b>Auteurs</b>	<b>Années</b>	<b>Outils</b>
Etemadi	2017	GAITRite®
Downer et al.	2016	GAITRite®
Sandroff et al.	2015	T25FW
Allali et al.	2014	Caméras
Learmonth et al.	2014	GAITRite®
Motl et al.	2014	GAITRite®
Sosnoff et al.	2014	GAITRite®
Nogueira et al.	2013	Caméras
Wadja et al.	2013	GAITRite®

Tableau 4: Modalités utilisées pour l’évaluation de la marche des études de la recension.

Sur les neuf études, six études ont utilisé le GAITRite® pour évaluer la marche. Cet outil est un tapis de différentes longueurs qui contient des capteurs de pression. Au fur et à mesure que le sujet passe sur le tapis, les capteurs se referment sous pression, ce qui permet de recueillir des données sur les paramètres de la marche spatiale et temporelle. Il permet de

collecter de l'information pertinente sur la marche. D'ailleurs, cet outil a une forte validité test-retest, validité concourante et une bonne fiabilité (Bilney et al., 2003; McDonough et al., 2001). Pour ce qui est des PSEP, une étude de Givon et al. (2009) a démontré qu'ils avaient une altération des paramètres de la marche, même chez les participants qui étaient au début de la maladie. De cette manière, il y avait une association positive avec les scores EDSS des participants et des performances aux paramètres de la marche.

Deux études ont utilisé des systèmes de caméra pour quantifier la marche. Les participants doivent placer des marqueurs à des endroits spécifiques sur leurs corps. De cette manière, les caméras captent ces marqueurs pour ensuite analyser ces données pour avoir des variables sur les paramètres de la marche. Ces deux études ont utilisé deux systèmes de caméras différents, soit le Vicon Mx3+ (Allali et al., 2014) et le Kodak Zi10 (Nogueira et al., 2013). En effet, l'utilisation de différentes caméras peut avoir un effet sur la précision et l'exactitude des analyses de la marche (Chiari et al., 2005). Les caméras sont des outils valides pour évaluer la marche chez les personnes saines (Pfister et al., 2014). De plus, elle permet de distinguer les PSEP et les personnes saines (Martin et al., 2006). Cependant, la position des marqueurs doit être un à endroit spécifique au niveau anatomique. Le fait de placer un marqueur au mauvais endroit peut avoir un effet sur l'analyse des données de la marche (Della Croce et al., 2005) ou encore l'interposition des tissus mous entre les marqueurs et les os qui peuvent avoir un effet imprévisible lors de l'évaluation de la marche (Leardini et al., 2005).

Le Timed 25-Foot Walk (T25FW) a été utilisé pour l'évaluation de la marche dans une seule étude (Sandroff et al., 2015). Le T25FW est un test qui permet de mesurer la mobilité et des fonctions des membres inférieurs. En effet, les participants doivent marcher le plus rapidement possible de manière sécuritaire un parcours de 25 pieds. Le temps est calculé au début du départ et se termine lorsque le participant atteint la marque de 25 pieds. La seule variable qui ressort de ce test est le temps que le participant a pris pour accomplir la tâche. Ce test est valide et fiable chez une population atteinte de SEP (Motl et al., 2017). D'ailleurs, le score de ce test est fortement associé avec le score du GAITRite® (Sosnoff et al., 2011).

De ce fait, plusieurs études de cette recension ont utilisé la marche comme tâche motrice. Cependant, les différents outils qui ont été utilisés pour quantifier la marche et les différentes modalités peuvent avoir un effet néfaste en ce qui concerne la comparaison des résultats, surtout dans les études qui ont comme sujet la double tâche où les détails comme ceux-ci ont un effet sur l'interprétation des résultats.

## 2.5 EDSS

L'Expanded Disability Status Scale (EDSS) est un outil qui est utilisé par les neurologues pour évaluer le niveau d'invalidité chez les PSEP (Kurtzke, 1983). Les cliniciens, soit les neurologues, déterminent le score de l'EDSS des patients par l'addition de score de huit systèmes fonctionnels. Le score varie entre 0 (aucun symptôme) et 10 (mort dû à la SP). Un autre test qui a été utilisé dans le domaine est le self-reported EDSS (SR-EDSS). Ce test consiste en un questionnaire que la PSEP doit répondre (il n'y a pas d'interaction du neurologue dans le processus) pour ensuite avoir un score qui représente son niveau d'invalidité par rapport à la maladie. Cependant, les scores des deux tests ne concordent pas assez pour que la version autoévaluée de l'EDSS remplace totalement celui administré par les neurologues (Cheng et al., 2001). Trois études sur treize de cette recension (Etemadi, 2017 ; Motl et al., 2014; Wajda et al., 2014) ont utilisé le SR-EDSS. Pour ce qui est du score de l'EDSS, la moyenne du score le plus bas utilisé fut celle de l'étude de Nogueira et al. (2013), soit un score  $< 1.5$  qui se caractérise par une absence d'invalidité fonctionnelle, mais des signes minimales dans les systèmes fonctionnels que le test évalue (Kurtzke, 1983). Parallèlement, le plus haut score fut celui de l'étude de Wajda et al., (2013) qui avait un score médian de 6. Ce score aussi élevé indique que les PSEP doivent utiliser une aide unilatérale constante ou de manière périodique pour marcher une distance de 100 mètres (Kurtzke, 1983).

D'ailleurs, une étude de Kalron et al. (2016) a démontré qu'il existe une corrélation positive entre le niveau d'invalidité représenté par le score EDSS et les paramètres de la posturographie statique. En effet, 464 PSEP ont fait partie de cette étude. Ils ont été divisés en sous-groupes par rapport à leur score EDSS, soit  $<1.0$ , 2.0-2.5, 3.0-3.5, 4.0-4.5, 5.0-5.5 et 6.0-6.5. Chez les participants qui avaient un score EDSS entre 0 et 2.5, il n'y avait aucune différence sur les six paramètres de l'équilibre qui étaient étudiés dans cet article. Les

participants du sous-groupe 3.0-3.5 ont eu une augmentation de la zone de balancement avec les yeux ouverts (~108 %) et avec les yeux fermés (~169 %), une augmentation de la longueur du trajet du centre de pression avec les yeux ouverts (~83 %) avec les yeux fermés (~88 %) et une augmentation de la vitesse de balancement avec yeux ouverts (~39 %) avec yeux fermés (~148 %) comparer aux participants qui avaient un score EDSS de 0 à 2.5.

De même, quatre études sur sept qui prenaient l'équilibre statique comme tâche motrice avaient comme participants des PSEP qui avaient un score EDSS moyen ou médian plus élevée que 3.0 (Etemadi, 2017; Prosperini et al., 2016; Wajda et al., 2014; Boes et al., 2012). Les autres études avaient un score EDSS en dessous de 3.0.

En ce qui trait à la marche, une étude de Kalron (2015) avait comme but d'examiner l'effet du niveau d'invalidité sur les paramètres de la marche. De ce fait, 381 personnes atteintes de sclérose en plaques ont été classées dans des sous-groupes associées avec leur niveau d'invalidité. Les sous-groupes étaient les mêmes que l'étude de Kalron (2016), soit <1.0, 2.0-2.5, 3.0-3.5, 4.0-4.5, 5.0-5.5 et 6.0-6.5. Pour ce qui est des PSEP qui avaient un score EDSS entre 0 et 3.5, il n'y avait aucune différence dans tous les paramètres de la marche qui étaient étudiés dans cet article. Cependant, les PSEP qui étaient dans le groupe 5.0 à 5.5 démontraient une augmentation dans la longueur des pas (~51%), du temps en simple support (~93%) et du temps de marche (~142%) comparer aux participants qui étaient classifiés dans les groupes en dessous d'un score 3.5.

Pour ce qui est des études qui ont pris la marche comme tâche motrice, cinq études sur sept (Etemadi, 2017; Learmonth et al., 2014; Motl et al., 2014; Sosnoff et al., 2014; Wadja et al., 2013) avaient un score EDSS médian ou moyen égal ou plus élevé que 3.5.

De cette manière, ces études avaient comme participants des PSEP de différents niveaux d'invalidité et cela pourraient être une des causes en ce qui trait aux différents résultats des études qui composent cette recension des écrits.

### 3.6 Tests et questionnaires

Plusieurs tests et questionnaires ont été employés pour quantifier d'autres variables pertinentes chez les participants des études de cette recension. En effet, différents tests et questionnaires ont été utilisés pour évaluer diverses variables qui peuvent influencer la



performance lors de la double tâche. De cette manière, les tests et questionnaires peuvent se classer dans multiples catégories par rapport à ce qu'ils évaluaient, soit la cognition, l'équilibre, la fatigue, l'anxiété/dépression, la spasticité et la douleur.

### 3.6.1 La cognition

La cognition désigne tous les processus mentaux du traitement de l'information. Pour l'évaluer, plusieurs tests et questionnaires ont été développés. Pour ce qui est des études de cette recension, voici un tableau (Tableau 5) qui représente les tests qui ont été utilisés. L'identification des études se fait avec les nombres qui leur ont été attribués dans le tableau 1 et 2:

Tests	Variables	Auteurs
Buschke Selective Reminding Test (SRT)	Apprentissage verbal et la mémoire	D
Mini-Mental State Examination (MMSE)	Déficiência cognitive	A, J et P
Stroop Color-Word Test (SCWT)	Fonctions exécutives et l'attention	D
Trail Making Test (TMT)	Fonctions exécutives et l'attention	A, D et J
Test of Attention Performance (TAP)	Attention	D
Symbol Digit Modalities Test (SDMT)	L'attention et la vitesse de traitement de l'information	A, F, G, J, L et M
Montreal Cognitive Assessment (MoCA)	Déficiência cognitive	B

Tableau 5: Tests d'évaluation cognitive utilisés dans la recension.

Sept types de tests ont été utilisés pour évaluer la condition cognitive des participants des études de la recension. Huit études ont utilisé des tests cognitifs et sept n'ont pas évalué la cognition. De ce fait, plusieurs tests évaluaient des éléments différents de la cognition ce qui peut être un facteur confondant pour différencier les résultats.

### 3.6.2 L'équilibre

L'équilibre est essentiel lors de la double tâche. Plusieurs études prirent en considération de l'évaluer cette composante de la double tâche avec d'autres type de tests. De cette manière, le tableau 6 représente les tests qui évaluaient l'équilibre des études de la recension :

Tests	Variables	ID
25-Foot Walking Test (25-FWT)	Mobilité et fonction des membres inférieurs	G et L
12-item MS walking scale (MSWS-12)	Mobilité	L
Physiological Profile Assessment (PPA)	Instabilité posturale et risque de chute	I et M
Berg Balance Scale (BBS)	Équilibre fonctionnel (statique et dynamique)	M
The Activities-specific Balance Confidence (ABC) Scale	Confiance de faire une activité sans perdre son équilibre	M

Tableau 6: Tests utilisés pour évaluer l'équilibre des études de la recension.

Cinq tests et questionnaires ont été utilisés pour évaluer le niveau d'équilibre chez les participants des études de cette recension. Sur les 15 études, seulement quatre études ont évalué l'équilibre par des tests spécifiques. Une étude en particulière (Wajda et al., 2014), a exploité trois tests différents pour déterminer que les participants de l'étude (seulement des PSEP) avaient un équilibre altéré, une faible confiance par rapport à leur équilibre et qu'ils étaient à haut risque de chuter. Cependant, sur les 62 participants qui faisaient partie de l'étude, 21 avaient besoin d'une canne pour marcher et 16 employaient une marchette pour leur déplacement quotidien.

### 3.6.3 La fatigue

La fatigue est un symptôme qui touche un grand pourcentage des personnes atteintes de la SEP. Pour la quantifier, quelques questionnaires existent. Deux questionnaires de fatigue ont été utilisés dans les articles de la recension et ils sont représentés dans le tableau (tableau 7) suivant :

Tests	Variables	ID
Fatigue Severity Scale (FSS)	Niveau de fatigue	F
Modified Fatigue Impact Scale (MFIS)	Niveau de fatigue	L et M

Tableau 7: Les questionnaires pour quantifier la fatigue des études de la recension.

Seulement trois études ont évalué le niveau de fatigue chez les participants sur 15 études. L'évaluation de la fatigue était principalement faite pour voir l'effet de celle-ci sur l'équilibre et le coût de la double tâche. L'étude de Wadja et al. (2014) a démontré que le niveau de fatigue était positivement corrélé avec les oscillations posturales en simple et double tâche. Cependant, les deux autres études (Prosperini et al., 2015; Motl et al., 2014) ont démontré qu'il n'y avait aucune association avec le niveau de fatigue et la performance et du coût de la double tâche chez les participants de leurs études, soit lors de la marche et de la position debout statique. Il ne faut pas oublier que la fatigue est un symptôme multidimensionnel qui peut toucher de manière physique ou cognitive selon la personne. De cette manière, une étude de Flachenecker et al. (2002) avait comme objective de comparer quatre tests qui évaluent la fatigue chez un groupe de 151 PSEP. C'est quatre tests étaient le Fatigue Severity Scale (FSS), MS-specific FSS (MFSS), Modified Fatigue Impact Scale (MFIS), et le Visual Analogue Scale (VAS). Les résultats de cette étude démontrent une faible association entre les différents scores des tests d'évaluations de la fatigue ce qui pourrait avoir comme cause les différents aspects de la fatigue que ces tests évaluent.

### 3.6.4 L'anxiété et dépression

Un grand nombre de PSEP éprouve de l'anxiété due à leur maladie. En fait, une étude canadienne (Korostil et Feinstein, 2007) a démontré que 35,7% des personnes atteintes de sclérose en plaques qui avait participé à leur étude démontraient de l'anxiété selon le questionnaire Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS). Seulement une étude (Tableau 8) a quantifié le niveau d'anxiété de leur participant dans le total des études de cette recension.

Tests	Variables	ID
Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS)	Niveau d'anxiété et de dépression	F

Tableau 8: Questionnaire qui évalue l'anxiété et la dépression utilisée dans la recension.

Comme dit auparavant, seulement une étude s'est questionnée par rapport au niveau d'anxiété et de dépression de leurs participants. Pourtant, selon une étude de Beiske et al. (2008) qui indique que sur 142 participants atteints de la SEP, 19,3% reportaient de l'anxiété et 31,4% de la dépression et que ces deux symptômes étaient de cette manière significativement plus élevés chez les PSEP que chez la population en général n'était pas une variable quantifier dans les études de cette recension. Le score du HADS représente deux composantes du test, soit le score de l'anxiété et celui de la dépression. Ainsi, l'étude de Motl et al. (2014) ont démontré que la composante du score de la dépression était associée avec le score du SR-EDSS (questionnaire autorapporté), mais pas la composante anxiété. De plus, les symptômes de la dépression et d'anxiété n'étaient pas associés avec le DTC de la marche pour les 84 participants de cette étude. De cette manière, peu d'études ont réellement étudié l'effet de la dépression ou de l'anxiété sur la motivation de la réalisation d'une double tâche.

### 3.6.5 Spasticité

La spasticité est un processus qui se caractérise comme un accroissement du tonus musculaire qui se distingue par une raideur musculaire persistante avec ou sans des spasmes (contractures d'apparition soudaine). Selon une étude, près de 67% des PSEP vont sentir de la spasticité dans les muscles de leurs membres inférieurs au cours de leur maladie. Le tableau (tableau 9) ci-dessous représente le test qui a été utilisé.

Tests	Variables	ID
Modified Ashworth Scale (MAS)	Spasticité	M

Tableau 9: Le test de spasticité utilisé par une étude de la recension.

Seulement une étude a décidé de prendre en considération l'évaluation de la spasticité des participants. En effet, l'étude de Wadja et al., (2014) démontre qu'il n'y a aucune association avec les résultats du MAS de tous les participants avec le coût de la double tâche, le déplacement du centre de pression en simple tâche et celui-ci en double tâche. Cependant, seulement une composante du MAS a été évaluée chez les participants de l'étude. De cette manière, l'évaluation de la cheville fut l'unique composante du MAS évalué. Plusieurs, autres facteurs du MAS aurait pu être pertinent pour l'évaluation de la spasticité comme celui des membres inférieurs au complet, surtout pour les tâches d'équilibre statique sur une plateforme de force. En réalité, plusieurs stratégies sont utilisées par l'humain pour pouvoir garde l'équilibre lors de position statique. Deux de ces stratégies impliquent l'utilisation de la cheville et/ou des hanches (Winter, 1995). De cette manière, l'évaluation complète des membres inférieurs aurait pu avoir un impact plus important dans l'association de la spasticité et des composantes de l'équilibre et de la performance de la double tâche de cette étude.

### 3.6.6 La douleur

La douleur touche près de 63% des personnes atteintes de sclérose en plaques (Foley et al., 2013). La douleur peut ainsi avoir un effet négatif chez les PSEP. En effet, une étude de Hoang et al. (2014) avait comme but de déterminer si plusieurs facteurs étaient associés au risque de chute chez les PSEP. Cette étude avait deux sous-groupes de PSEP, soit un groupe composé de PSEP qui chutait fréquemment (> 3 chutes) et un second groupe qui ne chutait pas fréquemment (< 3 chutes). De ce fait, le premier groupe reportait plus de douleur aux jambes que le second groupe (56,1% contre 40,1%). En ce qui concerne les études de la recension, seulement une étude a pris en considération l'évaluation de la douleur chez les PSEP. Le tableau (Tableau 10) le test utilisé par cette étude.

Tests	Variables	ID
Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ)	Douleur	F

Tableau 10: L'évaluation de la douleur dans les études de la recension.

Le SF-MPQ est un questionnaire autorapporté qui contient 15 mots qui représentent deux dimensions spécifiques de la douleur, soit la douleur sensorielle et la douleur affective. Ces 15 mots sont gradés sur une échelle d'intensité (0= pas de douleur, 1= faible, 2= modéré, 3= forte). Le score du SF-MPQ varie entre 0 et 45 ou un score plus élevé reflète une plus grande douleur. L'étude de Motl et al. (2014) a démontré que le score de SF-MPQ n'était pas associé aux performances de la marche lors de la DT des PSEP. En effet, le score n'était aucunement associé au coût de la double tâche de la vitesse, cadence et de la longueur des pas. Cependant, aucune autre étude de la recension n'a pris en considération l'évaluation de la douleur dans leurs modalités d'études.

### 3.7 Lacune de la littérature existante

Plusieurs facteurs agissent sur la performance des PSEP lors de la DT. Malgré l'importance d'autres facteurs, cette revue de littérature a démontré que les différentes modalités de double tâche peuvent influencer les résultats de performance des participants. On note que pour évaluer la cognition, un grand éventail de tâches qui quantifient des domaines spécifiques de la cognition ont été utilisées, mais que l'analyse de la performance de ces domaines n'était pas prise en compte ou représentait seulement un résultat secondaire.

D'ailleurs, les instructions données aux participants peuvent avoir un effet sur la performance des deux tâches lors de la DT. Effectivement, diverses études de la recension avaient comme modalité de données des instructions de la priorisation de la tâche. Sept études avaient dans leur méthodologie la priorisation de la tâche comme instruction. Les huit autres études n'ont donné aucune directive sur la priorisation de la tâche.

Le niveau d'invalidité dû à la maladie qui est quantifié par l'échelle de l'EDSS était aussi un facteur qui peut agir directement sur la performance des participants atteints de la SEP. En effet, quelques études ont pris en considération un test autoadministré chez les PSEP qui peut influencer le niveau véritable comparé à l'évaluation fait par un neurologue. Le fait que plusieurs études avaient des niveaux d'invalidité différents ajoute une limite à la réalisation de la tâche motrice surtout pour les études de la marche ou les participants avaient déjà des troubles moteurs qui limitaient leurs capacités ambulatories.

Plusieurs études ont évalué d'autres facteurs qui peuvent agir sur la performance de la double tâche comme la cognition, l'équilibre, la fatigue, l'anxiété/dépression, spasticité ou encore la douleur par l'entremise de tests et questionnaire qui permettaient d'évaluer ces facteurs. Sur un total de 15 études, six études n'ont évalué aucun de ces facteurs. En ce qui concerne les neuf autres, ils ont utilisé des tests et questionnaires pour la plupart différents. Par exemple pour évaluer l'équilibre, cinq tests différents ont été utilisés ou encore pour l'évaluation de la cognition où sept différents tests ont été utilisés.

Le manque d'information sur le DTC peut aussi mener à différentes interprétations de la demande attentionnelle chez PSEP. En effet, un nombre limité d'études a pris en considération la performance cognitive lors de la DT. Ce qui mène au questionnement de ce qui se passe au niveau de la priorisation de la tâche lors de la DT. De ce fait, d'autres études sur la DT avec des tâches motrices et cognitives différentes qui touchent des PSEP atteint de catégories d'invalidité diverses doivent être réalisées pour mieux comprendre la complexité de la demande attentionnelle chez cette population. De plus, l'avancement des connaissances sur la demande attentionnelle chez cette population pourrait permettre l'optimisation des soins de santé par l'entremise du développement d'un outil clinique qui permettrait de quantifier l'avancement de la maladie ou encore un outil de réadaptation pour diminuer les risques de chute.



## 4. Objectifs de l'étude

La recension des écrits nous a indiqué que plusieurs études ont démontré des résultats différents sur l'effet de la double tâche sur l'équilibre chez les PSEP. Elle nous a aussi informées que peu d'entre elles prenaient en considération le DTC de la tâche cognitive qui est un élément essentiel pour en apprendre plus sur la demande attentionnelle lors de la DT chez les PSEP. De ce fait, nous visons à contribuer aux connaissances en adressant ces limites avec une étude qui prend en considération le DTC des deux tâches lors du DT.

Ce projet de maîtrise vise à approfondir les connaissances sur la demande attentionnelle lors de la DT chez les PSEP. Plus précisément, on vise à mieux comprendre comment une DT spécifique peut influencer la demande attentionnelle envers la tâche motrice et cognitive chez les PSEP comparés à des gens asymptomatiques qui ont les mêmes caractéristiques (âge, genre et éducation).

### 4.1 Type de recherche

Cette étude de type descriptif exploratoire a pour but d'approfondir les connaissances sur l'effet d'une DT sur la demande attentionnelle chez les PSEP. De cette manière, elle permet de combler certaines limites des études précédentes dans le domaine et permet l'avancement des connaissances du phénomène complexe de la demande attentionnel chez cette population.

Même si de type exploratoire, nous avons mené un calcul de la taille d'échantillon a priori pour avoir la puissance statistique nécessaire pour les tests statistiques de cette étude. De ce fait, un calcul a été fait avec les résultats de l'étude de Neghaban et al. (2011). Cette étude a été utilisée pour le calcul de la taille d'échantillon, car elle avait des traits similaires en ce qui concerne la méthodologie et les analyses statistique utilisées. De cette manière, avec une signification bilatérale de 0,05 et une puissance de 0,8, un total de 20 participants dans chaque groupe est nécessaire. Deux participants par groupe ont été recrutés en surplus pour contrer la probabilité que des participants veulent se retirer de l'étude.

## 5. Contexte de l'étude

### 5.1 Conception du projet de recherche

L'émergence de ce projet est venue avec le développement du laboratoire d'analyses du mouvement de l'Université de Moncton. Après lecture de plusieurs études dans le domaine de la biomécanique et surtout dans l'étude des oscillations posturales, l'intérêt de mener un projet autour de la quantification de la DT grandissant. En cherchant une population symptomatique chez qui il serait pertinent de fonder un projet où l'équilibre est une des variables principales. Il a rapidement été identifié qu'une population atteinte d'une maladie neurodégénérative serait une bonne option en ce qui a trait à l'évaluation de l'équilibre. S'en sont suivi des discussions avec un spécialiste dans le domaine, soit un neurologue.

Ces discussions ont permis de cibler les personnes atteintes de sclérose en plaques. Ce choix étant d'autant plus intéressant compte tenu de toutes les complications que la maladie occasionne au niveau de l'équilibre et de l'attention. Surtout, que le Nouveau-Brunswick a un des taux de prévalence les plus élevés au pays. De ce fait, une collaboration avec les neurologues de la région du Grand Moncton est née.

Dans le cadre de cette étude transversale, une collaboration avec les neurologues des deux réseaux de santé de la province (Vitalité et Horizon) était nécessaire pour le recrutement des PSEP de la province. Avec leurs aides, il a été possible de distinguer les patients qui remplissaient les critères optimaux pour participer à cette étude. Cette collaboration a permis de recruter 22 participants atteints de SEP à la présente étude pour les années 2016-2017.

### 5.2 Considération éthique

Ce projet a reçu une approbation éthique de trois comités d'éthique distincts. Le premier, le comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains (CÉR) de l'Université de Moncton étant donné que toutes les collectes de données étaient faites dans un établissement appartenant à cette université. Pour ce qui est des deux autres, soit les deux réseaux de santé du Nouveau-Brunswick (Vitalité et Horizon), la demande éthique a été faite, car les participants potentiels de l'étude pouvaient faire partie de ces deux réseaux.

L'Université de Sherbrooke a une entente avec le réseau de santé Vitalité qui reconnaît l'approbation éthique de ce réseau.

Pour être admis à l'étude, tous les participants devaient remplir le formulaire de consentement qui expliquait en détail le but de l'étude, le déroulement de la collecte de données, leurs droits et la confidentialité des données recueillies.

À cet égard, toute l'information qui risque de dévoiler l'identité des participants était entreposée sous verrous dans le laboratoire d'analyse du mouvement de l'Université de Moncton. Seulement le chercheur principal et les assistants à la recherche y ont accès. Aussi, toute l'information électronique est sécurisée à l'intérieur d'ordinateurs et clés USB protégés par des mots de passe. Ces ordinateurs et clés USB sont verrouillés dans le laboratoire.

## 6. Méthodologie

### 6.1 Dispositif de l'étude pour le projet de maîtrise

Le présent projet contribuera à acquérir de nouvelles connaissances dans le domaine de la demande attentionnelle et de la double tâche chez les personnes atteintes de sclérose en plaques. Cette étude à devis transversal va permettre d'analyser le DTC d'une double tâche spécifique pour ensuite examiner la différence dans les performances entre deux groupes composés de PSEP et des participants sans atteintes neurodégénératives.

### 6.2 Population et recrutement

Deux types de populations ont été représentés dans cette étude, soit des participants avec sclérose en plaques et des personnes saines.

Les PSEP faisaient partie des deux systèmes de santé du Nouveau-Brunswick, soit le réseau de santé Vitalité et Horizon. Tous les participants de ce groupe étaient suivis par un neurologue. Plusieurs critères d'inclusions et d'exclusions étaient de mise pour cette population. Pour ce qui est des critères d'inclusions, 1) Avoir un diagnostic de sclérose en plaques (peu importe la forme) 2) Être âgés de 19 à 55 ans 3) Un niveau sur l'échelle EDSS inférieur à 4 (puisque les PSEP qui ont des niveaux supérieurs à 4 démontrent des incapacités fonctionnelles relativement importantes). En ce qui concerne les critères d'exclusions, 1) Être enceinte 2) Une perte totale de vision ou d'audition 3) Des troubles psychiatriques graves 4) Autres troubles neurologiques ou musculaires qui ne sont pas reliés à la sclérose en plaques. C'est critères ont été utilisé dans la plupart des études dans le domaine de la DT et permettre une comparabilité des résultats d'une population plus large qui souffre de la même maladie sans être influencé par d'autres facteurs externes. Cependant, pour la réalisation de l'étude, aucun participant n'a été refusé sur la base de sa médication.

En ce qui concerne les participants sains, les critères d'inclusions et d'exclusions étaient les mêmes à l'exception de devoir être sains (absence de connaissances de trouble neurodégénératif ou autres maladies chroniques)

Par ailleurs, le recrutement des participants a été fait dans les limites de la province du Nouveau-Brunswick, plus précisément dans la région du Grand Moncton. À la lumière

de ce qui a été dit précédemment, les PSEP ont été recrutés dans les deux systèmes de santé du Nouveau-Brunswick, soit le système francophone (Vitalité) et anglophone (Horizon). Pour pouvoir recruter les patients des neurologues, j'assistais aux cliniques de sclérose en plaques où les patients du neurologue avaient leur rendez-vous. À la fin de son rendez-vous avec le patient, le neurologue l'informait qu'un assistant de recherche était présent et expliquait le but général de l'étude. De cette manière, le patient était libre de décider s'il voulait en savoir un peu plus sur l'étude. Dans de tels cas, je rencontrais le patient et lui donnais une explication détaillée de l'étude. Le patient avait le choix de participer ou non à l'étude. Une réponse positive amenait à un rendez-vous pour participer à l'étude.

En ce qui concerne les participants sains, le recrutement était fait de manière que les participants avaient les mêmes caractéristiques que le groupe expérimental. J'ai donc cherché à recruter des participants sains qui étaient appariés aux PSEP selon l'âge, le genre et le niveau d'éducation (secondaire, collégiale ou universitaire). Le recrutement des participants sains était donc un recrutement de convenance. La plupart des participants de ce groupe sont des employés de l'Université de Moncton, où les collectes de données avaient lieu.

## 6.3 Variables

### 6.3.1 *Formulaires de consentement*

Au début du rendez-vous de la collecte de données, tous les participants devaient signer le formulaire de consentement (Annexe 1: Formulaire de consentement pour participants SEP-Français; Annexe 2: Formulaire de consentement pour participants SEP-Anglais; Annexe 3: Formulaire de consentement pour participants sains-Français; Annexe 4: Formulaire de consentement pour participants sains-Anglais). Un assistant de recherche était en tout temps avec les participants pour clarifier et répondre aux questions des participants en lien avec l'étude.

### 6.3.2 *Questionnaires et tests*

Plusieurs types de questionnaires et tests ont été administrés aux participants. Entre autres, des tests et questionnaires qui prennent en considération plusieurs facteurs qui peuvent influencer l'équilibre et la performance cognitive chez les PSEP. De plus, ces tests et questionnaires étaient appliqués au groupe témoin pour pouvoir comparer les valeurs entre les deux groupes. Tous ces tests et questionnaires ont été passés avant le paradigme de la double tâche sur la plateforme de force.

#### 6.3.2.1 *Questionnaire général*

Un questionnaire général a été développé pour prendre les valeurs anthropométriques et de santé des participants (Annexe 5: Questionnaire général-Français; Annexe 6: Questionnaire général-Anglais). Ce questionnaire interrogeait aussi les participants sur les maladies dont ils étaient atteints, les différents médicaments qu'ils prenaient, les types de sports qu'ils pratiquaient, le nombre d'heures par semaine d'activités physiques et s'ils avaient chuté dans les derniers six mois. Ce questionnaire avait principalement comme but d'engendrer des données pour déterminer si les deux groupes de cette présente étude avaient les mêmes caractéristiques.

#### 6.3.2.2 *Le Montreal Cognitive Assessment (MoCA)*

Le MoCA (Annexe 7: MoCA-Français; Annexe 8: MoCA-Anglais) est un court test de dépistage des troubles cognitifs légers. Ce test est compté sur 30 points et à un seuil clinique de 26. De plus, il est offert dans plus de 55 langues. Il mesure des fonctions comme l'attention soutenue, la capacité visuospatiale, la soustraction, la mémoire de travail, la

fluidité verbale, la pensée abstraite et inclut aussi une tâche de rappel avec un délai de 5 minutes. Ce test a été validé pour une panoplie de maladie comme l'Alzheimer (Freitas et al., 2013), le Parkinson (Hoops et al., 2009), Huntington (Videnovic et al., 2010) ou encore la démence vasculaire. En ce qui trait à la sclérose en plaques, plusieurs études démontrent que le MoCA est un des outils les plus efficaces pour déterminer la détérioration cognitive chez cette population, même les PSEP qui était atteint légèrement de la maladie selon le score EDSS (Dagenais et al., 2013; Freitas et al., 2016).

D'ailleurs, ce test permet d'évaluer des composantes de la cognition importante dans la double tâche, soit l'attention et les fonctions exécutives. Le Mini-Mental State Examination (MMSE) est largement utilisé dans les études qui prennent en considération la double tâche pour évaluer la cognition, mais il ne prend pas en considération les deux facteurs dits ci-dessus qui sont le plus affectés par la SEP (Beatty & Goodkin, 1990). En plus, une étude de Nasreddine et al., (2005) démontre que le MoCA a une sensibilité de 90% à détecter les troubles de cognition légère et une spécificité de 87% quand le seuil clinique de 26 est utilisé comparer aux MMSE qui avait une sensibilité de 18% et une spécificité de 100%.

Ainsi, le MoCA est un test de dépistage cognitif avantageux pour démontrer la présence d'atteinte cognitive chez les PSEP, même chez les PSEP qui ont un niveau d'invalidité léger, tel que suggéré par un score EDSS faible (Dagenais et al., 2013)

#### 6.3.2.3 *Le Fullerton Advanced Balance Scale (FAB)*

Le FAB (Annexe 9: Grille d'évaluation du FAB) est un instrument de mesure de l'équilibre statique et dynamique dans différentes conditions sensorielles. Ce test contient dix différentes tâches qui sont évaluées sur la performance de ceux-ci. Les tâches sont évaluées sur une échelle gradée de cinq niveaux (0 à 4). Le score varie entre 0 et 40. D'ailleurs, un score  $\leq 25$  point indique que les individus sont à risque de chutes. Une étude de Hernandez & Rose (2008) démontre qu'il y a une augmentation des risques de chutes de 8% avec chaque diminution de 1 point au score total du FAB.

Plusieurs types de tests sont utilisés pour quantifier l'équilibre. Par exemple, le Mini-Balance Evaluation Systems Test (Mini-BESTest) ou encore le Berg Balance Scale (BBS). Une étude de Schlenstedt et al. (2015) à passer ces trois tests d'équilibre chez des participants

atteints de la maladie de Parkinson. Les résultats démontrent que le FAB était hautement corrélé avec les résultats du Mini-BESTest (Spearman  $\rho = .87$ ) et du BBS (Spearman  $\rho = .93$ ). D'ailleurs, il a une haute fiabilité test-retest (ICC = .99). Cependant, le BBS n'avait pas de tâche qui permettait de quantifier le contrôle postural réactif comme le FAB et le Mini-BESTest. Comparer aux autres tests d'équilibre, l'échelle du FAB est plus courte et il demande moins de temps à effectuer.

De ce fait, le FAB est un outil fiable et valide pour l'évaluation du contrôle postural. D'ailleurs, l'échelle FAB est plus courte et prend moins de temps à effectuer que les autres tests qui quantifient l'équilibre.

#### 6.3.2.4 *Le Falls Efficacy Scale-International (FES-I)*

Le FES-I (Annexe 10: FES-I-Français; Annexe 11: FES-I-Anglais) est un questionnaire autorapporté qui évalue la peur de tomber (Yardley et al., 2005). La peur de tomber est définie comme une préoccupation constante de chuter lors de la réalisation d'une tâche spécifique, ce qui limite la performance des activités de la vie quotidienne. Le FES-I est un questionnaire qui se caractérise par une échelle de Likert de quatre choix de réponse (1= pas concerné à 4= vraiment concerné) où un individu doit noter ses préoccupations quant à la possibilité de chuter lors de la réalisation de 16 tâches spécifiques. Le score total de ce test à une étendu de 16 à 64 points et un score total plus élevés que 23 indique une grande préoccupation à propos des chutes dans les activités quotidiennes. Ce questionnaire est disponible dans 14 langues.

En ce qui concerne les PSEP, la peur de chuter amène plusieurs complications comme la réduction d'activités physiques, de la fatigue, de la dépression et une diminution de la qualité de vie (Khalil et al., 2017). De cette manière, le FES-I est un outil qui permet de quantifier la peur de chuter chez cette population. D'ailleurs, ce test a été validé chez cette population. Une étude de van Vliet et al., (2013) a démontré que le FES-I était un outil avec une bonne validité de prédiction des chutes, une excellente validité convergente confirmée avec de fortes relations entre les scores FES-I, les chutes précédentes, la fatigue et les mesures de l'équilibre chez les PSEP. Sur ce dernier point, le contrôle de l'équilibre quantifié par la posturographie statique est positivement associé avec la peur de chute chez cette



population. En effet, une association a été démontrée entre la peur de chuter et un défi postural sur la plateforme de force, soit être sur une surface instable (Perrochon et al., 2017)

De ce fait, le FES-I est un excellent outil pour déterminer la peur de chuter chez les PSEP. Il a d'excellentes propriétés psychométriques et évalue les préoccupations relatives aux activités de la vie courante que les PSEP sont soumis fréquemment dans leurs quotidiens.

#### 6.3.2.5 *Le Fatigue Scale for Motor and Cognitive Functions (FSMC)*

Le FSMC (Annexe 12: FSMC) est un test autoadministré qui consiste à évaluer la fatigue cognitive et motrice. En effet, la fatigue est définie comme un manque d'énergie physique et/ou mental qui est perçu par une personne qui interfère avec les activités souhaitées (Fatigue and Multiple Sclerosis, 1998). Ce questionnaire est composé de 20 questions, soit 10 questions pour estimer la fatigue cognitive et 10 questions pour la fatigue motrice. Les réponses des questions sont exprimées sur une échelle de Likert (1= ne s'applique pas du tout à 5= s'applique complètement). Le score total du questionnaire varie entre 20 à 100 points. Un score  $\geq 43$  démontre une fatigue légère,  $\geq 53$  une fatigue modérée et  $\geq 63$  démontre une fatigue sévère. Pour ce qui est de l'évaluation de la fatigue cognitive, un score  $\geq 22$  légère,  $\geq 28$  modéré et  $\geq 34$  démontre fatigue cognitive sévère. En ce qui trait à la fatigue motrice, un score  $\geq 22$  légère,  $\geq 27$  modéré et  $\geq 32$  démontre fatigue cognitive sévère (Penner et al., 2009).

Ce questionnaire est valide chez les PSEP. Une étude de Oervik et al., (2017) a démontré que le FSMC est hautement sensible et spécifique pour déceler la fatigue chez les PSEP. D'ailleurs, il y a une forte validité convergente, avec une forte corrélation positive entre les deux échelles (FMSC et le Modified Fatigue Impact Scale) de fatigue et leurs sous-échelles. Les deux sous-catégories (motrice et cognitive) affichent une bonne fiabilité, sensibilité et spécificité (Penner et al., 2009).

À cet égard, le FSMC est un outil valide et sensible des plus utiles qui fournit différentes mesures de la fatigue, soit la fatigue motrice et cognitive.

#### 6.3.2.6 *Double tâche*

En ce qui concerne la tâche motrice, une tâche d'équilibre sur plateforme de force fut choisie. En effet, une plateforme de force (Kistler. Type 9286BA, Switzerland) fut utilisée

pour quantifier l'équilibre. L'évaluation du contrôle de la posture avec une plateforme de force est basée en général sur l'interprétation du centre de pression (CdP) et du centre de masse (CdM). Le CdP est un point défini par les forces de réaction du sol sous les pieds mesurés par une plate-forme de force et il est la somme des forces d'inertie et d'équilibre qui permet de restaurer l'équilibre par le système de contrôle postural (Lafond, Duarte & Prince, 2004). En ce qui concerne le modèle Kistler, celui utilisé pour cette étude, celui-ci consiste en une plaque d'aluminium doté de douze capteurs piézoélectriques. Les capteurs sont regroupés en quatre paquets de trois cylindres orthogonaux distribués à chaque coin de la plaque. De surcroit, les capteurs sont distribués de manière à pouvoir mesurer huit signaux électriques. Ensuite, les huit signaux captés sont dirigés vers des amplificateurs capables de déterminer des facteurs de conversion Voltage-newton. Les données recueillies peuvent être transmises à l'ordinateur par une carte d'acquisitions (Measurement Computing, USB-1616FS, USA). Ensuite, un programme conçu à partir de Matlab (Matlab, 2017) créé par l'équipe du Groupe de recherche sur l'analyse du mouvement humain et ergonomie (GRAME) de l'Université de Laval a permis de transformer les signaux de la plateforme de force en variables de l'équilibre. Les variables de l'équilibre sont la vitesse de déplacement du CdP (cm/s) qui représente le déplacement du CdP dans une période de temps, l'étendue médio-latérale (cm) qui représente le déplacement latéral du CdP et l'étendue antéro-postérieur (cm) qui représente le déplacement antéro-postérieur du CdP.

Pour le calcul de la vitesse de déplacement du CdP, cette formule a été utilisée avec les données de la plateforme de force :

$$M_i = \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}$$

$$Vitesse = \frac{T^{-1}}{n} \sum_{i=1}^n M_i [cm/s]$$

$M_i$  : Élément particulier du calcul

$T$  : Temps de l'essai (s)

$x, y$  : Coordonnées du CdP

$n$  : Fréquence d'acquisition

Pour le calcul de l'étendue médio-latéral, cette formule a été utilisée :

$$\text{Déplacement médio - latéral} = \sum_{i=1} (x_1 - x_{i-1})$$

$x$  : Coordonnée x du CdP

Pour le calcul de l'étendue antéro-postérieur, cette formule a été utilisée :

$$\text{Déplacement antéro - postérieur} = \sum_{i=1} (y_1 - y_{i-1})$$

$y$  : Coordonnée y du CdP

Par ailleurs, un temps de réaction (secondes) de choix fut utilisé comme tâche cognitive. Cette tâche a été choisie en partie parce qu'elle est d'une facile à quantifier. En effet, une carte Arduino (Arduino Mega 2560) et un script (Annexe 13 : Script temps de réaction) écrit par l'équipe du Laboratoire d'analyses du mouvement de l'Université de Moncton ont permis de quantifier la tâche cognitive. Le script permettait de produire des sons aléatoires dans un casque d'écoute (Sony MDR-XB950). De cette manière, les stimuli auditifs pouvaient se produire soit dans le côté gauche ou dans le côté droit de manière aléatoire avec un temps entre les sons qui étaient aussi générés au hasard. Les participants devaient appuyer sur un déclencheur quand un stimulus auditif était produit seulement du

côté droit. De ce fait, quand ils entendaient un bruit du côté gauche ils ne devaient pas appuyer sur le déclencheur. Tous les stimuli auditifs produits par la carte Arduino et les pressions sur le déclencheur étaient recueillis par la même carte d'acquisition à une fréquence de 2000 Hz et le même programme Matlab qui transforme les signaux de la plateforme en des données qui permet de quantifier l'équilibre. De cette manière, le programme permet de mesurer le temps entre le stimulus auditif et la pression du déclencheur pour déterminer le temps de réaction.

#### 6.4 Procédure de collecte de données

La séance de collecte de donnée était la même pour tous les participants. Elles étaient toutes faites au laboratoire d'analyses du mouvement de l'Université de Moncton. La durée de ces séances était en général de deux heures à deux heures et demie. Une somme de 20 dollars était remise à tous les participants pour couvrir les frais de stationnement et de déplacement. Leur participation à l'étude était ainsi faite de manière volontaire.

Pour débiter, tous les participants devaient lire le formulaire de participation pour en savoir plus sur l'étude et tous les droits qu'ils avaient par rapport à leur participation. Une emphase majeure était portée sur leurs droits, la sécurité et l'anonymat et la confidentialité des données prises durant la collecte de données. Toutes leurs questions étaient répondues le plus précisément possible. De cette manière, un consentement clair libre et éclairé était fourni par chacun des participants de cette étude.

Ensuite, le questionnaire général était expliqué de manière à ce que tous les éléments de ce questionnaire soient compris par les participants. Suite à cela, le poids et la taille des participants étaient mesurés objectivement (Health O Meter, modèle 450KL, USA).

En second lieu, le FES-I était présenté au participant comme un questionnaire qui permet d'évaluer leur peur par rapport aux chutes. L'échelle de Likert qui accompagne ce questionnaire leur était expliqué. Le questionnaire était ainsi répondu par le participant.

Puis, le FSMC était présenté de la même manière que le FES-I, vu la similarité de leurs échelles. Une explication en laquelle le questionnaire consistait a été donnée à tous les participants.

Par la suite, le MoCA était administré aux participants. Ce test cognitif était expliqué aux participants. Sa réalisation demandait comme matériel un chronomètre pour une tâche de langage qui consistait à nommer le plus de mots possibles qui débute avec une certaine lettre en soixante secondes.

En ce qui concerne le FAB, ce test d'équilibre demandait un peu plus d'espace, donc il était performé dans un corridor. En effet, ce test, qui comporte dix tâches, demandait comme équipement un espace ample pour la performance de toutes les tâches, un chronomètre, une règle de 12 pouces, un banc de six pouces de haut et deux coussinets de type Airex (Airex AG, Sins, Switzerland).

Tous ces tests et questionnaires ont été performés dans le même ordre pour chacun des 44 participants de cette étude. Une attention particulière a été prise pour que chaque participant reçoive les mêmes directives et explications pour chacun de ces tests et questionnaires pour ainsi limiter les instructions qui auraient pu influencer positivement ou négativement leurs performances. De plus, tous les tests et questionnaires ont été effectués par le même individu.

Comme expliquer auparavant, la double tâche se composait d'une tâche motrice de type statique sur une plateforme de force fait conjointement avec une tâche cognitive comprenant une mesure de temps de réaction de choix. Un total de 36 essais sur la plateforme de force dans trois conditions posturales distinctes ont été performés. Ces trois conditions sont assises, debout et tandem.

En ce qui concerne la position assise, elle avait comme but de quantifier la performance du temps de réaction de choix en simple tâche, soit sans demande posturale. Les participants devaient être assis sur un tabouret qui n'était pas sur la plateforme de force, mais bien sur le sol. Le tabouret était face à un mur à une distance de 28 pouces de celui-ci. Ce tabouret avait une hauteur de 17 pouces. Les participants avaient comme instruction de s'asseoir sur le tabouret et fixer le mur. Ils ne devaient pas parler, faire des gestes brusques comme se gratter ou encore éternuer durant la collecte. Ils avaient le casque d'écoute sur la tête pour les quatre essais dans cette position et le déclencheur dans leur main dominante. Les quatre essais duraient 60 secondes et il y avait une pause de 60 secondes entre les essais pour que les participants puissent se dégourdir. Il avait comme consignes d'appuyer sur le

déclencheur le plus rapidement possible lorsqu'il y avait un stimulus auditif dans le côté droit de l'écouteur seulement.

Pour la position debout, les participants devaient être sur la plateforme de force encore face au mur à une distance de 28 pouces. Les participants devaient porter le casque d'écoute sur leur tête et le déclencheur dans leur main dominante pour les 16 essais. Ils devaient se positionner debout avec les bras le long du corps et les pieds devaient être positionnés de manière qu'il y a un espace de dix centimètres entre les malléoles. La position debout contenait deux catégories de huit essais. La différence entre ces deux catégories est que les participants avaient huit essais avec les yeux ouverts et huit essais les yeux fermés. En effet, la vision est essentielle au maintien optimal de l'équilibre. Le but des essais avec les yeux fermés était d'enlever une source d'information sensorielle pour ainsi, augmenter la difficulté de la tâche. D'ailleurs, les deux catégories avaient aussi des sous-catégories. Dans les huit essais avec les yeux ouverts, il y avait quatre essais en simple tâche (équilibre seulement) et quatre essais en double tâche (équilibre et temps de réaction). Le même principe pour les essais avec les yeux fermés. Ces essais avec simple tâche et double tâche avaient pour but d'avoir les données nécessaires pour calculer le DTC.

En ce qui concerne la position tandem, elle se distingue par un positionnement des pieds spécifique. C'est-à-dire que le participant place un pied directement en avant de l'autre et les orteils du pied de derrière doivent toucher le talon du pied qui est en avant. Les participants étaient encore sur la même plateforme de force à 28 pouces du mur et ils devaient performer les 16 mêmes essais que dans la position debout, soit huit essais avec les yeux ouverts (quatre ST et quatre DT) et huit essais avec les yeux fermés (quatre ST et quatre DT).

La Figure 5 ci-dessous démontre les 36 essais que tous les participants devaient réaliser ainsi que toutes les catégories et sous catégories d'essais.

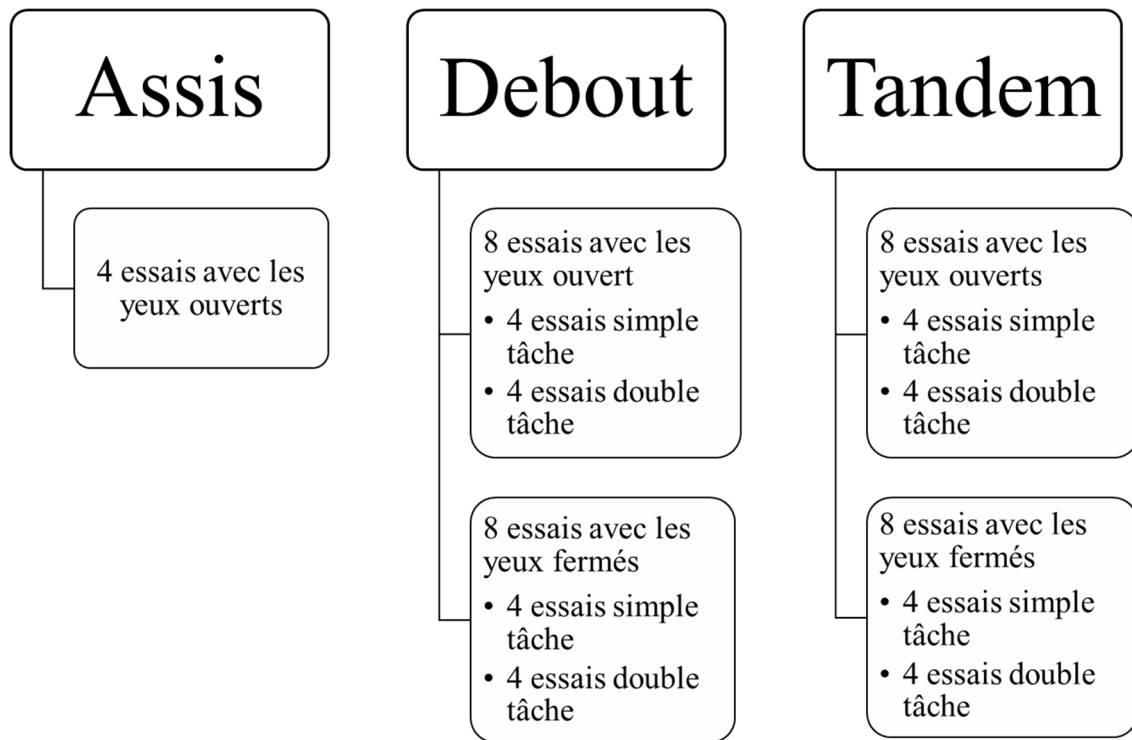


Figure 5 : Les types de tâches posturales lors de l'évaluation de la double tâche.

L'ordre des essais était randomisé de manière que les neuf blocs d'essais soient toujours différents d'un participant à l'autre. Ces neuf blocs sont :

- 1) Assis avec les yeux ouverts (AssisYO)
- 2) Debout avec les yeux ouverts sans temps de réaction (DeboutYOST)
- 3) Debout avec les yeux ouverts en addition du temps de réaction (DeboutYODT)
- 4) Debout avec les yeux fermés en simple tâche (DeboutYFST)
- 5) Debout avec les yeux fermés en double tâche (DeboutYFDT)
- 6) Tandem avec les yeux ouverts en simple tâche (TandemYOST)
- 7) Tandem avec les yeux ouverts en double tâche (TandemYODT)
- 8) Tandem avec les yeux fermés en simple tâche (TandemYFST)
- 9) Tandem avec les yeux fermés en double tâche (TandemYFDT)

Cette randomisation des blocs était réalisée à partir du programme Matlab avec la fonction  $X = \text{randperm}(9)$ . Cette fonction place les neuf nombres, qui représentent les blocs

d'essais, dans un ordre aléatoire. Ainsi, cet ordre généré par la fonction Matlab donner l'ordre des essais à suivre pour un participant. Cette randomisation a été faite pour chaque participant. Une liste (Annexe 14 : Feuille de manipulation) permettait d'assurer que tous les essais étaient faits dans l'ordre de randomisation que le programme générait. Par ailleurs, tous les participants ont reçu les mêmes consignes pour l'évaluation de la double tâche. Ne pas parler, ne pas faire de geste volontaire (ex: se gratter), cliquer sur le déclencheur seulement quand un stimulus auditif se faisait entendre du côté droit du casque d'écoute. En ce qui concerne la priorisation de la tâche, les participants étaient demandés de répondre le plus rapidement possible au stimulus auditif, soit de prioriser la tâche cognitive.

Pour terminer, les participants devaient signer un reçu (Annexe 15: Reçu- Français; Annexe 16: Reçu-Anglais), car ils avaient une compensation financière de 20\$ pour le déplacement et les frais du stationnement.

### 6.5 Analyses des données

Toutes les analyses suivantes ont été fait à des fin exploratoire pour examiner l'effet d'une DT sur la performance de tâche motrice et cognitive des PSEP et des personnes saines.

Pour ce qui est des données du questionnaire général et des tests cliniques, un Test-T indépendant a été réalisé pour voir s'il y avait une différence entre les deux groupes pour les variables continues et un Test  $X^2$  pour les variables catégoriques.

En ce qui trait des données collecter pour quantifier la double tâche, plusieurs variables ont été ressorties, soit le temps de réaction, la vitesse du CdP, l'étendue antéro-postérieure du CdP et l'étendue médio-latérale du CdP. Chaque participant avait 36 essais à faire, soit quatre essais pour chacune des neuf conditions. De cette manière, une moyenne pour chaque condition était calculée pour tous les participants. Aussi, un ANOVA à mesure répétée a été performés pour chaque variables présentés ci-dessus. Les postulats de base (variance homogène et distribution normale) ont été vérifiés pour chaque variable. Il est possible que certains participants n'étaient pas en mesure de completer des tâches, si c'était le cas, il est impossible d'avoir les données de ces variables dans les analyses statistiques.

Pour la variable temps de réaction, un ANOVA à mesures répétée qui avait la formule suivante a été réalisé : Temps de réaction ~ Groupe\*Posture\*Vision. De cette manière, il



était possible de déterminer s'il y avait un effet de groupe (SEP-Sains), un effet de posture (Debout-Tandem) et un effet de vision (YO-YF). Aussi, l'interaction entre ces trois facteurs était mesurée.

Pour ce qui est des variables de la vitesse du CdP, la formule était : Vitesse du CdP~Groupe\*Posture\*Vision\*Tâche. Le facteur Tâche (ST-DT) a été ajouté à la formule, car pour la variable temps de réaction, il était impossible de comparer la ST et la DT. En effet, la ST du temps de réaction était faite lors de la position assise et pour la DT lors d'une autre position statique (debout ou tandem). Donc, il était impossible d'ajouter ce facteur dans l'équation de l'ANOVA à mesure répétée pour la variable temps de réaction.

Par ailleurs, la même équation a été produite pour les variables de l'étendue antéro-postérieure du CdP et de l'étendue médio-latérale du CdP.

En ce qui concerne le DTC, il y avait un DTC pour les mêmes variables précédentes, soit le temps de réaction, la vitesse de déplacement du CdP, l'étendue antéro-postérieure du CdP et l'étendue médio-latérale du CdP. La formule utilisée pour la quantifier était la suivante :

$$DTC (\%) = - \frac{(Variable^{DT} - Variable^{ST})}{(Variable^{ST})} \times 100\%$$

En effet, cette formule a été utilisée, car les variables observées avaient toutes un point commun. Un score haut indiquait qu'il y a eu une bonne performance et un score moindre mettait en évidence une performance inférieure. Par exemple, le temps de réaction où une valeur plus haute démontre une performance plus lente comparée à une valeur plus basse qui justifie une performance plus rapide. De ce fait, une moyenne de DTC a été calculée pour chaque condition pour tous les participants. Comme auparavant, un ANOVA à mesures répétées a été performé pour chaque variable avec les mêmes formules que les variables précédentes. Soit, Temps de réaction~ Groupe\*Posture\*Vision et Variable CdP~ Groupe\*Posture\*Vision\*Tâche pour les trois variables du CdP.

De plus, toutes les analyses statistiques de cette étude ont été faites sous le programme R (R version 3.4.3, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria).

## 7. Résultats

### 7.1 Tests et questionnaires cliniques

Un total de 44 participants ont pris part à cette étude, soit 22 participants atteints de sclérose en plaques et 22 participants supposément sains. Tous les participants du groupe SEP avaient la forme récurrente rémittente de la maladie qui se caractérise par des attaques imprévisibles et qui sont entrecoupées par des rémissions qui peuvent être complètes ou partielles. Le tableau (Tableau 11) ci-dessous représente les variables du questionnaire général des deux groupes de cette étude.

	SEP (n=22)	Sain (n=22)	Valeur p
Genre, F:H	19:3	19:3	1
Âge (années)	43,5 (7,5)	43,2 (7,9)	0,9
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	25,8 (5,2)	26,1 (6,6)	0,8
Scolarité (U:C:S)	U:9 C:10 S:3	U:9 C:10 S:3	1
EDSS (score)	1,5 [1,0-3,5]	N/A	-
Diagnostic (années)	7,9 (7,1)	N/A	-

Notes: Toutes les valeurs sont représentées sous forme de moyenne (écart-type) ou de médiane [étendue]. F: Femmes, H: Hommes, U: Université, C: Collège, S: Secondaire, IMC: Indice de masse corporelle, EDSS: Expanded Disability Status Scale, N/A: Non applicable.

Tableau 11: Caractéristiques principales du groupe SEP et du groupe Sain.

Tel que mentionné dans la section méthodologie, les deux groupes étaient appariés par rapport au genre, à l'âge et au niveau de scolarité ce qui explique la grande ressemblance entre les deux groupes. Même si, l'indice de masse corporelle n'était pas un facteur d'appariement, le recrutement a été fait de sorte à tout de même minimiser les différences potentielles entre les deux groupes par rapport à cette variable. En somme, il n'avait pas de différences significatives entre les caractéristiques de base des deux groupes pour les variables continues (valeur  $p > 0,05$ ) et catégoriques (valeur  $p > 0,05$ ). Pour les participants atteints de la SEP, un score médian de 1,5 [1,0-3,5] et un diagnostic moyen de 7,9 (7,1) années les caractérisaient.

Plusieurs tests et questionnaires cliniques ont été utilisés pour quantifier différentes variables. Le tableau (Tableau 12) ci dessous représente les résultats des deux groupes.

	SEP (n=22)	Sain (n=22)	Valeur p
MoCA	26,4 (3,4)	29,1 (1,4)	< 0,01
FAB	33,3 (6,3)	38,6 (1,5)	< 0,01
FSMC	57,9 (21,3)	33,1 (16,7)	< 0,01
FES-I	23,8 (7,5)	18,9 (2,9)	< 0,01

Notes: MoCA: Montreal Cognitive Assessment; FAB: Fullerton Advanced Balance Scale; FSMC: Fatigue Scale for Motor and Cognitive Functions; FES-I: Falls Efficacy Scale-International

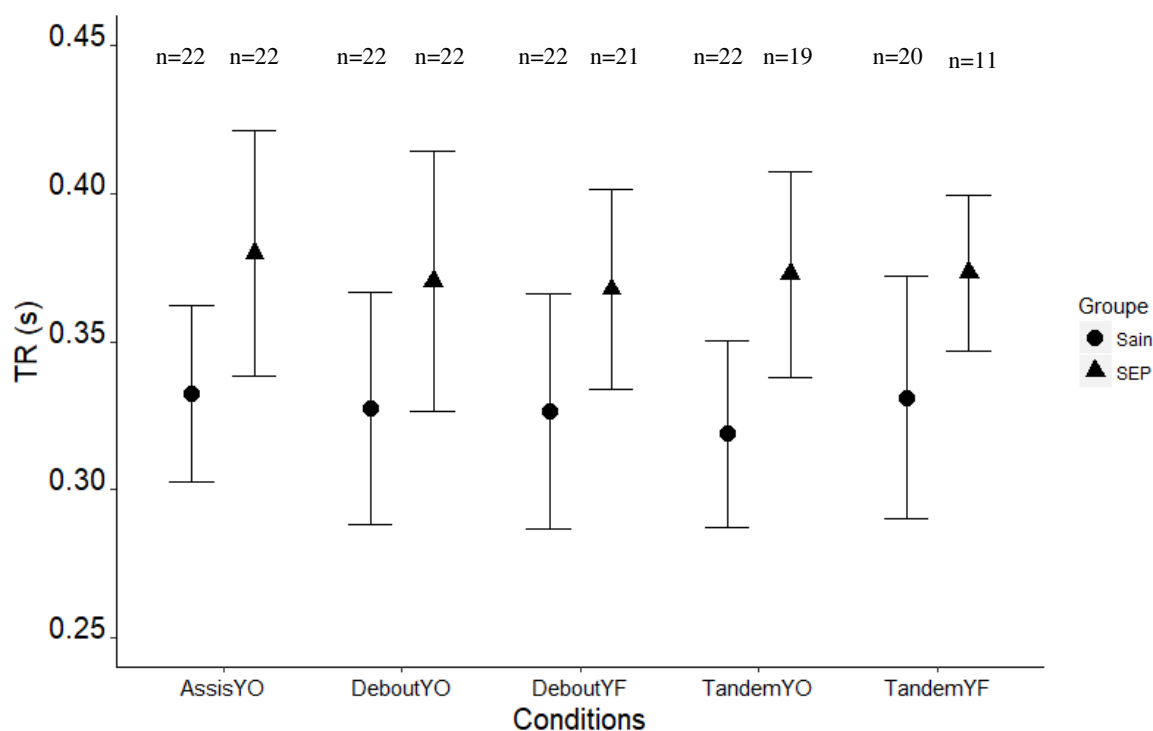
Tableau 12: Moyennes des tests et questionnaires cliniques chez les deux groupes.

À la suite des Test-T indépendants, les scores des quatre tests et questionnaires cliniques des deux groupes avaient des différences statistiquement significatives (valeur  $p < 0,01$ ). En effet, les participants du groupe sain ont mieux performé sur les tests et questionnaires que les participants SEP. Pour les scores du MoCA, les deux groupes avaient un score moyen plus haut que le seuil clinique de 26 qui peut représenter une possibilité de troubles cognitifs légers. Néanmoins, le groupe de participants SEP avait une moyenne de scores du MoCA de 26,4, indiquant que certains des participants de ce groupe étaient peut-être atteints d'un trouble cognitif. En ce qui concerne l'évaluation de l'équilibre par le FAB, les deux groupes avaient un score plus élevé que 25, soit un score plus élevé que le seuil clinique qui représente des individus qui risquent de chuter. En ce qui concerne les scores du FSMC, le groupe SEP avait un score moyen plus haut que 53. De cette manière, selon le seuil clinique de ce test, les participants de ce groupe seraient atteints d'une fatigue modérée. La fatigue n'était pas présente chez le groupe sain selon le score qu'ils ont performé au questionnaire. En ce qui a trait à la peur des chutes (FES-I), un score plus grand que 23 indique une grande préoccupation à propos des chutes dans la réalisation des activités quotidiennes. Seulement le groupe SEP avait un score plus haut que le seuil clinique.

## 7.2 Temps de réaction et variables de l'équilibre

Plusieurs variables ont été recueillies lors de la collecte de données. Surtout, lors de l'évaluation de la double tâche. De cette manière, le temps de réaction, la vitesse du CdP, l'étendue médio-latérale du CdP et l'étendue antéro-postérieure du CdP sont des variables intéressantes qui peuvent représenter les performances des participants lors de la double tâche.

En ce qui a trait à la variable temps de réaction, la figure (Figure 6) ci-dessous représente la moyenne (seconde) avec intervalle de confiance 95% de chaque groupe pour les différentes conditions posturales.

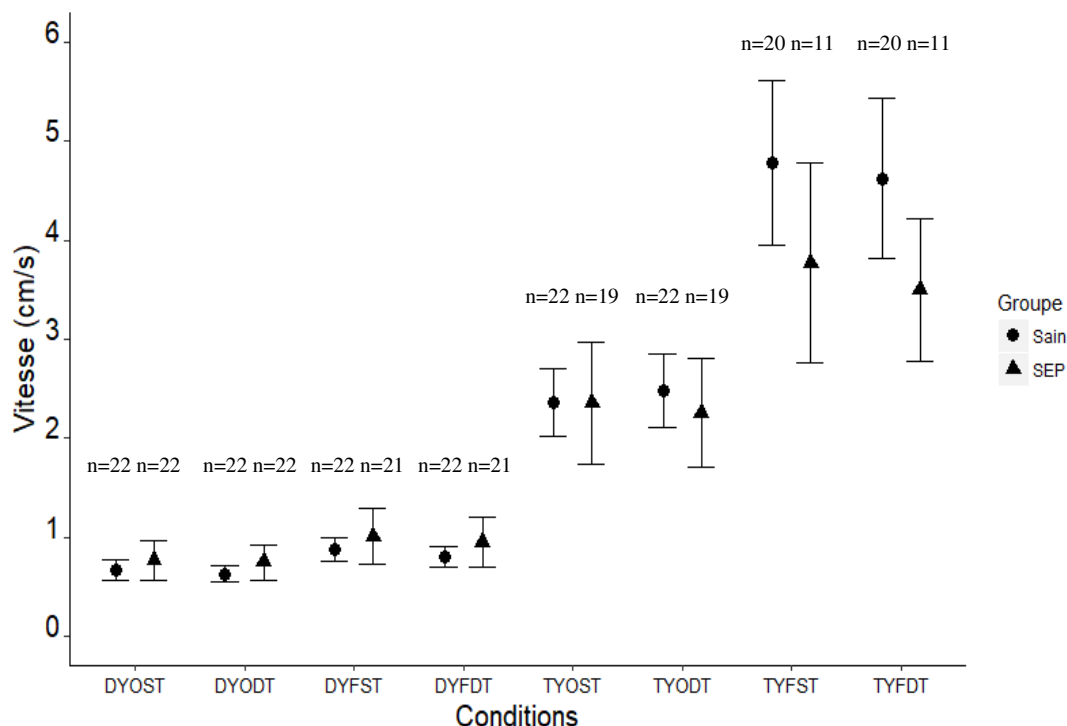


Notes: YO: Yeux ouverts; YF : Yeux fermés

Figure 6: Temps de réaction pour chaque condition posturale des deux groupes.

Suite au ANOVA à mesure répétées (Tableau 13), il y a un effet de groupe ( $F(1,190) = 15,95, p < 0,001, \eta^2 = 0,08$ ) en ce qui concerne le temps de réaction. De cette manière, le groupe SEP avait un temps de réaction plus long que le groupe Sain. Aucun autre effet ou interaction n'ont été significatif pour cette variable.

De façon similaire, la vitesse d'oscillation des deux groupes de cette étude est représentée dans la figure (Figure 7) ci-dessous. Les vitesses sont représentées sous forme de moyenne (cm/s) avec intervalle de confiance 95%.



Notes : DYOST : Debout avec les yeux ouverts en ST; DYODT : Debout avec les yeux ouverts en DT; DYFST : Debout avec les yeux fermés en ST; DYFDT : Debout avec les yeux fermés en DT; TYOST : Tandem avec les yeux ouverts en ST; TYODT : Tandem avec les yeux ouverts en DT; TYFST : Tandem avec les yeux fermés en ST; TYFDT : Tandem avec les yeux fermés en DT

Figure 7 : Vitesse d'oscillation pour chaque condition posturale des deux groupes.

Suite au ANOVA à mesure répétées (Tableau 13), un effet de groupe ( $F(1,299) = 18,64, p < 0,001, \eta^2 = 0,002$ ), de posture ( $F(1,299) = 526,79, p < 0,001, \eta^2 = 0,5$ ) et de vision ( $F(1,299) = 18,64, p < 0,001, \eta^2 = 0,08$ ) étaient présent. De cette manière, le groupe Sain avait en générale une plus grande vitesse d'oscillation que le groupe SEP, la condition tandem génèrait une plus grande vitesse que celle debout et ainsi que les conditions posturales avec les yeux fermés étaient aussi associées à une plus grande vitesse comparée à celles avec les yeux ouverts. Cependant, il n'y avait aucun effet de tâche.

En ce qui concerne les interactions, il y avait une interaction Groupe\*Posture ( $F(1,299) = 12,83, p < 0,001, \eta^2 = 0,01$ ), Groupe\*Vision ( $F(1,299) = 7,07, p < 0,05, \eta^2 = 0,003$ ), Posture\*Vision ( $F(1,299) = 62,24, p < 0,001, \eta^2 = 0,06$ ) et Groupe\*Posture\*Vision ( $F(1,299) = 5,43, p < 0,05, \eta^2 = 0,005$ ).

Un test post-hoc (Tukey's HDS) a été performé pour voir en profondeur la nature de ces interactions.

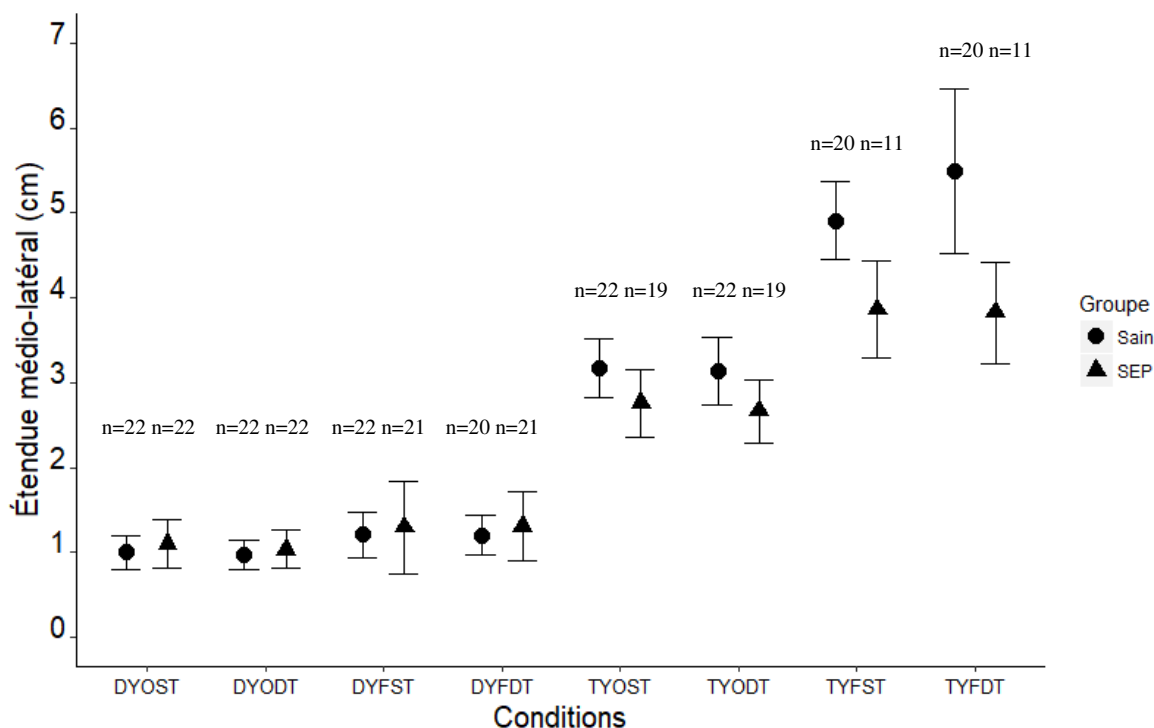
Pour l'interaction Groupe\*Vision, le groupe Sain avait une plus grande vitesse que le groupe SEP dans la position Tandem, mais il n'y avait aucune différence significative dans la position debout entre les deux groupes.

En ce qui concerne l'interaction Groupe\*Vision, le groupe Sain avait une plus grande vitesse dans les conditions avec les yeux fermés que le groupe SEP. Cependant, il n'y avait aucune différence entre le groupe Sain et le groupe SEP dans les conditions avec les yeux ouverts.

Quant à l'interaction Posture\*Vision, il y avait une différence significative dans la position tandem avec les yeux ouverts et tandem avec les yeux fermés. Cependant, il n'y avait aucune différence dans la position debout avec les yeux ouverts et celle avec les yeux fermés.

À propos de de l'interaction Groupe\*Posture\*Vision, il y avait une différence significative entre les deux groupes pour les conditions tandem avec les yeux fermés. Toutefois, pour la position debout avec ou sans vision et la position debout avec les yeux ouverts, il n'y avait aucune différence significative entre les groupes.

Pour ce qui est des étendues médio-latérales (Figure 8) et antéro-postérieures (Figure 9), elles sont représentées sous forme de moyenne (cm) avec les intervalles de confiance à 95%.



Notes : DYOST : Debout avec les yeux ouverts en ST; DYODT : Debout avec les yeux ouverts en DT; DYFST : Debout avec les yeux fermés en ST; DYFDT : Debout avec les yeux fermés en DT; TYOST : Tandem avec les yeux ouverts en ST; TYODT : Tandem avec les yeux ouverts en DT; TYFST : Tandem avec les yeux fermés en ST; TYFDT : Tandem avec les yeux fermés en DT

Figure 8 : Étendue médio-latérale de chaque condition des deux groupes.

Suite au ANOVA à mesure répétées (Tableau 13), un effet de groupe ( $F(1,299) = 35,17, p < 0,001, \eta^2 = 0,008$ ), de posture ( $F(1,299) = 618,01, p < 0,001, \eta^2 = 0,6$ ) et de vision ( $F(1,299) = 76,91, p < 0,001, \eta^2 = 0,07$ ) étaient présents.

De cette manière, le groupe Sain avait en générale une plus grande étendue de déplacement médio-latérale que le groupe SEP, la condition tandem générant une plus grande étendue que celle debout et ainsi que les conditions posturales avec les yeux fermés étaient

aussi associées à un plus grand déplacement du centre de pression de manière médio-latérale comparée à celles avec les yeux ouverts. Cependant, il n'y avait aucun effet de tâche.

Aussi, il y avait des interactions significatives, soit Groupe\*Posture ( $F(1,299) = 24,27, p < 0,001, \eta^2 = 0,02$ ), Groupe\*Vision ( $F(1,299) = 6,49, p < 0,05, \eta^2 = 0,003$ ), Posture\*Vision ( $F(1,299) = 46,66, p < 0,001, \eta^2 = 0,04$ ) et Groupe\*Posture\*Vision ( $F(1,299) = 4,95, p < 0,05, \eta^2 = 0,005$ ). Un test post-hoc (Tukey's HSD) a été performé pour voir en profondeur la nature de ces interactions

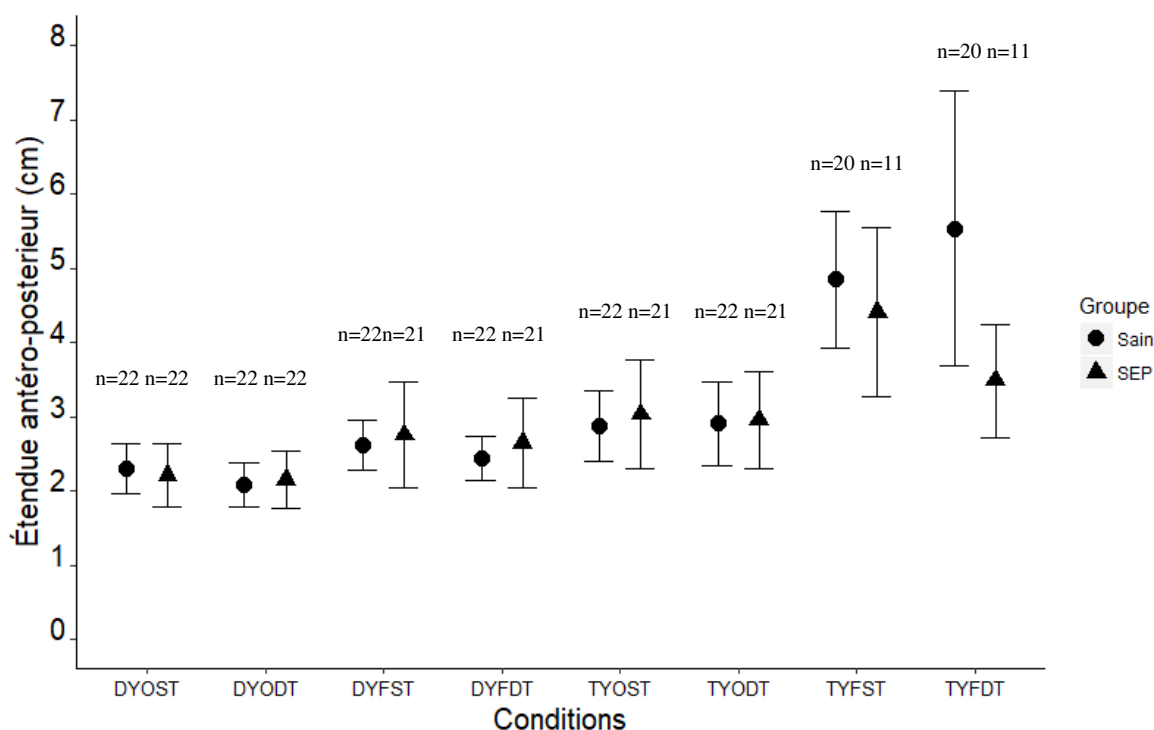
Pour l'interaction Groupe\*Vision, le groupe Sain avait une plus grande vitesse que le groupe SEP dans la position Tandem, mais il n'y avait aucune différence significative dans la position debout entre les deux groupes.

En ce qui concerne l'interaction Groupe\*Vision, le groupe Sain avait une plus grande étendue médio-latérale dans les conditions avec les yeux fermés que le groupe SEP. Cependant, il n'y avait aucune différence entre le groupe Sain et le groupe SEP dans les conditions avec les yeux ouverts.

Quant à l'interaction Posture\*Vision, il y avait une différence significative dans la position tandem avec les yeux ouverts et tandem avec les yeux fermés. Cependant, il n'y avait aucune différence dans la position debout avec les yeux ouverts et celle avec les yeux fermés.

À propos de de l'interaction Groupe\*Posture\*Vision, il y avait une différence significative entre les deux groupes pour les conditions tandem avec les yeux fermés. Toutefois, pour la position debout avec ou sans vision et la position debout avec les yeux ouverts, il n'y avait aucune différence significative entre les groupes.





Notes : DYOST : Debout avec les yeux ouverts en ST; DYODT : Debout avec les yeux ouverts en DT; DYFST : Debout avec les yeux fermés en ST; DYFDT : Debout avec les yeux fermés en DT; TYOST : Tandem avec les yeux ouverts en ST; TYODT : Tandem avec les yeux ouverts en DT; TYFST : Tandem avec les yeux fermés en ST; TYFDT : Tandem avec les yeux fermés en DT

Figure 9 : Étendue antéro-postérieure de chaque condition des deux groupes.

Encore une fois, les résultats des ANOVA à mesure répétées (Tableau 13) démontrent un effet de Groupe ( $F(1,299) = 4,18, p < 0,05, \eta^2 = 0,002$ ), de Posture ( $F(1,299) = 56,96, p < 0,001, \eta^2 = 0,1$ ) et de Vision ( $F(1,299) = 35,65, p < 0,001, \eta^2 = 0,08$ ).

De cette manière, le groupe Sain avait en générale une plus grande étendue de déplacement antéro-postérieure que le groupe SEP, la condition tandem génèrait une plus grande étendue que celle debout et ainsi que les conditions posturales avec les yeux fermés étaient aussi associées à un plus grand déplacement du centre de pression de manière antéro-postérieure comparée à celles avec les yeux ouverts. Cependant, il n'y avait aucun effet de tâche.

Cependant, il y a seulement une interaction Posture\*Vision ( $F(1,299) = 13,45, p < 0,001, \eta^2 = 0,03$ ) et Groupe\*Posture\*Vision ( $F(1,299) = 4,63, p < 0,05, \eta^2 = 0,01$ ) comparés aux variables vitesse et étendue médio-latérale qui avait en plus une interaction Groupe\*Vision et Groupe\*Posture. Un test post-hoc (Tukey's HSD) a été performé pour voir en profondeur la nature de ces interactions

Pour l'interaction Posture\*Vision, il y avait une différence significative dans la position tandem avec les yeux ouverts et tandem avec les yeux fermés. Cependant, il n'y avait aucune différence dans la position debout avec les yeux ouverts et celle avec les yeux fermés.

À propos de l'interaction Groupe\*Posture\*Vision, il y avait une différence significative entre les deux groupes pour les conditions tandem avec les yeux fermés. Toutefois, pour la position debout avec ou sans vision et la position debout avec les yeux ouverts, il n'y avait aucune différence significative entre les groupes.

Les résultats des ANOVA à mesure répétées pour les variables temps de réaction, vitesse, étendue médio-latérale et étendue antéro-postérieure sont représentés dans le tableau ci-dessous (Tableau13).

	Temps de réaction		Vitesse		Étendue (M-L)		Étendue (A-P)	
	F	Valeur p	F	Valeur p	F	Valeur p	F	Valeur p
<u>Effet</u>								
Groupe	15,95	<b>&lt;0,01</b>	18,64	<b>&lt;0,01</b>	35,17	<b>&lt;0,01</b>	4,18	<b>0,04</b>
Posture	0,16	0,85	526,79	<b>&lt;0,01</b>	618,01	<b>&lt;0,01</b>	56,96	<b>&lt;0,01</b>
Vision	0,03	0,87	88,54	<b>&lt;0,01</b>	76,91	<b>&lt;0,01</b>	35,65	<b>&lt;0,01</b>
Tâche	N/A	N/A	0,31	0,58	0,19	0,66	0,10	0,75
<u>Interaction</u>								
Groupe*Posture	0,03	0,97	12,83	<b>&lt;0,01</b>	24,27	<b>&lt;0,01</b>	3,30	0,07
Groupe*Vision	0,07	0,79	7,07	<b>&lt;0,01</b>	6,49	<b>0,01</b>	3,06	0,08
Groupe*Tâche	N/A	N/A	0,06	0,81	0,65	0,42	0,66	0,42
Posture*Vision	0,11	0,74	62,24	<b>&lt;0,01</b>	46,66	<b>&lt;0,01</b>	13,45	<b>&lt;0,01</b>
Posture*Tâche	N/A	N/A	0,03	0,86	0,45	0,50	0,20	0,65
Vision*Tâche	N/A	N/A	0,35	0,55	1,03	0,31	0,01	0,91
Groupe*Posture*Vision	N/A	N/A	5,43	<b>0,02</b>	4,95	<b>0,03</b>	4,63	<b>0,03</b>
Groupe*Posture*Tâche	0,04	0,85	0,17	0,68	0,56	0,46	1,46	0,23
Groupe*Vision*Tâche	N/A	N/A	0,02	0,90	0,35	0,55	1,02	0,32
Posture*Vision*Tâche	N/A	N/A	0,22	0,64	0,55	0,46	0,00	0,99
Groupe*Posture*Vision*Tâche	N/A	N/A	0,01	0,91	0,54	0,46	1,01	0,32

Les valeurs p en gras sont significatives (valeur p < 0.05), M-L: Médio-latéral, A-P: antéro-postérieur, N/A: Non applicable.

Tableau 13 : Résultats des ANOVA à mesure répétées pour les variables temps de réaction, vitesse, étendue M-L et étendue A-P

## 7.2 Réussite de la tâche

Un aspect qui est important à prendre en considération est le nombre de participants qui était capable de réaliser les essais. En effet, plusieurs participants n'ont pas été capables de réaliser certaines conditions posturales. Le tableau (Tableau 14) ci-dessous représente le taux de participants de chaque groupe qui a été capable de réaliser les tâches posturales.

Condition posturale	Réussite de la tâche. Groupe SEP (%)	Réussite de la tâche. Groupe Sain (%)
DeboutYOST	100	100
DeboutYODT	100	100
DeboutYFST	96	100
DeboutYFDT	96	100
TandemYOST	86	100
TandemYODT	86	100
TandemYFST	50	91
TandemYFDT	50	91

Notes: YO: Yeux ouverts, YF: Yeux fermés, ST: Simple tâche, DT: Double tâche

Tableau 14: Taux de participants par groupe qui ont réussi les conditions posturales demandées.

Pour le groupe Sain, seulement deux participants ont été incapables de compléter la tâche, soit dans la condition tandem avec les yeux fermés (ST et DT). Ils ont été incapables de maintenir la position pour une période de 60 secondes sur la plateforme de force.

À propos du groupe SEP, un participant n'a pas été capable de compléter les conditions debout avec yeux fermés (ST et DT) et tandem avec yeux ouverts et fermés (ST et DT). Deux participants n'ont pas été capables de compléter les conditions tandem avec yeux ouverts et yeux fermés (ST et DT). Pour ce qui est des conditions tandem avec yeux fermés (ST et DT), seulement 11 participants ont été en mesure de la performer.

De cette manière, 50% des participants du groupe SEP n'ont pas été capable de réaliser la condition posturale tandem avec les yeux fermés en simple et double tâche. Cependant, 91% des participants de groupe Sain ont été capable de réaliser la cette condition en simple et double tâche.

Dans cet ordre d'idée, le tableau (Tableau 15) ci-dessous représente les caractéristiques des participants du groupe SEP qui ont réussi les conditions tandem avec yeux fermés, ainsi que ceux qui ont réussi à accomplir la tâche.

	Réussi n=11	Échec n=11	Valeur p
Genre, F:H	11:0	8:3	0,2
Âge (années)	42,0 (7,8)	44,9 (7,3)	0,4
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	22,4 (2,1)	29,1 (5,2)	<b>0,002</b>
Scolarité (U:C:S)	5:5:1	4:5:2	0,8
EDSS (score)	1,0 [0,0-3,0]	2,5 [0,0-3,5]	0,06
Diagnostic (années)	6,2 (6,1)	9,6 (7,9)	0,3

Notes : Toutes les valeurs sont représentées sous forme de moyenne (écart-type) ou de médiane [étendue]. Les valeurs p en gras sont significatives (valeur p < 0.05). F: Femmes, H: Hommes, U: Université, C: Collège, S: Secondaire, IMC: Indice de masse corporelle, EDSS: Expanded Disability Status Scale.

Tableau 15: Caractéristiques des participants du groupe SEP qui ont accomplis et inaccomplis la condition tandem (ST et DT).

Ainsi, l'IMC était différente entre les deux groupes (valeur p < 0,05). En effet, les participants qui n'avaient pas réussi les conditions tandem avec les yeux fermés avaient un IMC moyen dans la catégorie embonpoint alors que l'IMC moyen des participants du groupe sain se situait dans la catégorie santé. Le score du EDSS n'a pas atteint le seuil traditionnel de p<0.05 pour parler d'une différence statistiquement significative. Cependant, l'étude n'était pas conçue pour faire de telles comparaisons et comme les valeurs du EDSS étaient 2.5 fois plus élevées dans le groupe n'ayant pas réussi les épreuves de tandem, on peut s'attendre à ce qu'un échantillon plus grand aurait permis d'avoir une plus grande puissance statistique et d'observer une différence statistiquement significative entre les deux groupes. À cet effet, un regard sur les résultats des tests et questionnaires cliniques des deux groupes est présenté dans le tableau (Tableau 16) ci-dessous.

	Réussi n=11	Échec n=11	Valeur p
MoCA	28,09 (1,45)	24,73 (4,05)	<b>0,023</b>
FAB	37,18 (1,72)	29,45 (6,96)	<b>0,0042</b>
FSMC	47,56 (22,9)	66,36 (16,3)	0,057
FES-I	20,18 (3,97)	27,45 (8,55)	<b>0,023</b>

Notes: MoCA: Montreal Cognitive Assessment; FAB: Fullerton Advanced Balance Scale; FSMC: Fatigue Scale for Motor and Cognitive Functions; FES-I: Falls Efficacy Scale-International

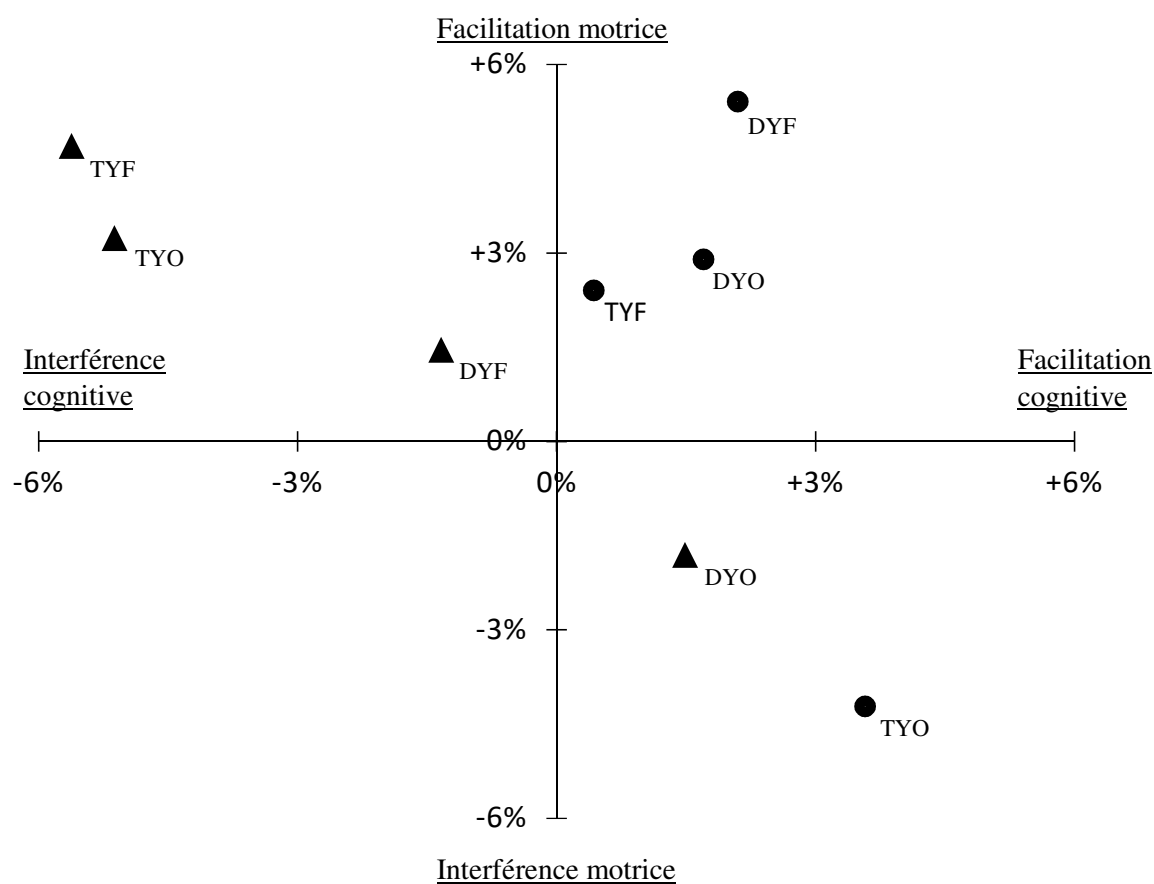
Tableau 16: Moyennes des tests et questionnaires cliniques chez les deux groupes.

Selon les résultats des tests et questionnaires cliniques, il y avait des différences significatives dans les scores du MoCA, du FAB et du FES-I entre les deux groupes (valeur  $p < 0,05$ ). Ainsi, le groupe qui n'avait pas pu performer les conditions tandem avait une plus grande chance d'être affecté par des troubles cognitifs légers (MoCA) et avait une plus grande préoccupation à propos des chutes (FES-I) selon les seuils cliniques de ces tests et questionnaires.

### 7.3 Le coût de la double tâche

En ce qui concerne la double tâche, le même type d'ANOVA à mesure répétées a été utilisé pour les mêmes variables, mais elles ont été converties en DTC. De ce fait, il y avait un DTC pour les variables temps de réaction, vitesse, étendue médio-latérale et étendue antéro-postérieure. Il n'y avait aucun effet ou interaction significatifs pour les quatre variables du DTC.

Cependant, il est essentiel de regarder l'interférence des deux tâches des deux groupes. De cette manière, la figure (Figure 10) suivante représente l'interaction cognitivo-motrice de chaque condition posturale pour les deux groupes selon le modèle de Plummer et Eskes (2015).



Notes: ▲ Représente le DTC de chaque condition posturale pour le groupe SEP ●: Représente le DTC de chaque condition posturale pour le groupe Sain. DYF : Debout yeux fermés; DYO : Debout yeux ouverts; TYF : Tandem yeux fermés; TYO : Tandem yeux ouverts

Figure 10: Représentation graphique du DTC du temps de réaction et de la vitesse d'oscillation de chaque condition posturale pour les deux groupes.

De cette manière, il est possible de distinguer le cheminement de l'interférence ou encore de la priorisation lors de chaque condition posturale pour les deux groupes de manière visuelle. De cette manière il est possible de voir deux différents cheminements pour chaque groupe, soit majoritairement une priorisation de la tâche motrice pour le groupe SEP et une priorisation mutuelle pour la plupart des conditions posturales pour le groupe Sain.

Aussi, il est possible de distinguer une augmentation de la priorisation de la tâche motrice et un déclin de l'attention porté à la tâche cognitive lorsque la condition posturale devenait de plus en plus difficile pour le groupe SEP. Cependant, il est important de noter que plusieurs participants n'ont pas été capables d'accomplir les tâches les plus complexes au niveau postural.



## 8. Discussion

### 8.1 Le DTC

Nos résultats démontrent qu'il n'y pas de différence entre le groupe SEP et Sain en ce qui est du coût de la double tâche. En effet, à la suite d'analyses spécifiques avec tous les facteurs de la performance de la DT, aucun effet ou interaction n'étaient significatif. Pourtant, à la suite de l'observation du modèle de Plummer et Eskes (2015), un cheminement de la priorisation de la tâche différent de la DT selon la difficulté de la tâche entre les deux groupes peut être observé. En effet, plus la tâche devenait difficile, plus les participants du groupe SEP priorisaient la tâche motrice au détriment de la performance de la tâche cognitive. En d'autres mots, les participants du groupe SEP étaient plus stables et avaient un temps de réaction plus long lors des conditions de DT (DYF, TYO et TYF) comparé à la performance en simple tâche pour chaque tâche. Pourtant, les participants du groupe Sain avaient une facilitation mutuelle pour trois des conditions (DYO, DYF et TYF), donc une meilleure performance lors de la DT des deux tâches caractérisées par des oscillations posturales et un temps de réaction moindre. Malgré tout, les DTC sont toutefois petit, soit entre  $\pm 0\%$  et  $\pm 6\%$  pour tous les DTC des deux groupes. Les études de la recension qui utilisait la plateforme de force comme tâche motrice avait des DTC qui étaient plus élevés (entre  $-15\%$  à  $-53\%$  pour l'interférence motrice). Plusieurs hypothèses sont retenues pour la cause de ce faible DTC. La tâche cognitive, soit le temps de réaction de choix, n'est peut-être pas optimale pour détecter l'interférence cognitive de manière significative. En effet, il est possible de remarquer une faible taille d'effet de nos analyses pour certaines variables. Aussi, le faible niveau d'invalidité des PSEP de cette étude comparée aux études de la recension peut être une autre cause en ce qui concerne les résultats du DTC non-significatives.

Toutefois, tous les participants ont eu comme consigne lors de la collecte de données de prioriser la tâche cognitive dans toutes les conditions posturales. De cette manière, nos résultats supportent la théorie que lorsqu'un individu est soumis à une situation où il doit performer une double tâche, il peut estimer de manière optimale sa performance et de prendre en considération ses limitations et les dangers de son environnement qui va susciter une priorisation consciente d'une tâche sur l'autre

(Williams, 2006). Les résultats du FES-I (peur de chuter) chez le groupe SEP démontrent qu'ils ont une plus grande préoccupation à propos des chutes. Ceci pourrait être une des raisons pourquoi les participants du groupe SEP ont priorisé l'équilibre par rapport à la tâche de temps de réaction, car ils se sentaient dans une situation où la sécurité posturale était menacée.

D'ailleurs, une étude de Nichols et al. (1995) démontre qu'un groupe de PSEP était plus stable lorsqu'ils devaient performer une tâche qui consistait à attraper un objet que le groupe composé de participants sains. En effet, les auteurs de cette étude ont conclu qu'il était possible que les participants atteints de la SEP étaient moins désireux ou capables de dévier de leur position initiale pour accomplir la tâche. Cela indique l'utilisation d'une stratégie d'autolimitation soit volontaire ou involontaire. Ceci est congruent avec nos résultats et suggère que les participants du groupe SEP ont utilisé différentes stratégies de priorisation lors de la DT que les participants du groupe Sain.

Néanmoins, les participants du groupe Sain ont eu une meilleure performance dans les deux tâches (cognitive et motrice) lors de la DT qui était caractérisée par une facilitation mutuelle dans trois différentes conditions posturales (DYO, DYF et TYO). Une raison possible de cet effet, peut être associé aux consignes données aux participants. En effet, la priorisation d'une tâche cognitive, surtout une tâche de temps de réaction, peut améliorer l'équilibre (diminution de la vitesse d'oscillation posturale et des étendues) et le temps de réaction chez des participants sains lors de la DT (Jehu et al., 2015). De cette manière, mouvoir l'attention sur la tâche cognitive peut avoir un effet bénéfique sur l'équilibre statique par l'entremise d'un processus automatique du contrôle de l'équilibre (Remaud et al., 2013). D'ailleurs, diriger l'attention sur le contrôle de l'équilibre à même l'effet inverse, soit par une diminution de l'utilisation du processus automatique qui se caractérise par un contrôle postural moins efficace par une augmentation de la vitesse d'oscillation posturale et des étendues (Richer et al., 2017).

Une autre explication pourrait être le type de double tâche utilisée. Notamment, pour cette étude, une double tâche qui se composait d'une tâche d'équilibre statique sur plateforme de force et de temps de réaction pourrait avoir un effet positif sur la performance de ceux-ci. En effet, une étude de (Vuillerme et al., 2000) démontre l'effet d'une tâche de

temps de réaction sur le contrôle de l'équilibre pour des personnes asymptomatiques. Les résultats démontrent que la vitesse de balancement des participants diminue lorsqu'ils doivent performer une tâche de temps de réaction et que cet effet peut durer pendant une période de dix secondes après qu'ils ont réagi au stimulus. De cette manière, cet effet peut avoir lieu avec le groupe Sain de cette étude.

Cependant, la difficulté de la tâche peut aussi avoir un impact sur la demande attentionnelle lors de la double tâche. Ainsi, il a été démontré que différentes tâches cognitives peuvent avoir un effet différent sur la posture statique (Pellecchia, 2003). Par exemple, l'étude de Prosperini et al. (2016) où différentes tâches cognitives ont été utilisées pour quantifier le DTC chez un groupe composé de PSEP et un groupe témoin. Il a été démontré que le DTC de la tâche motrice (une tâche d'équilibre) peut être affecté différemment par rapport aux types de tâches cognitives utilisés. En effet, le Stroop Color-Word Test (SCWT), le Symbol Digit Modalities Test (SDMT) et le Word List Generation (WLG) ont chacun eu des effets différents sur la posture (Prosperini et al., 2016). Selon leurs résultats, il n'y avait aucune différence significative entre les trois DTC de la tâche cognitive entre les deux groupes. D'ailleurs, il n'y avait aucune différence significative pour ce qui est du DTC de la tâche motrice lorsque les participants des deux groupes devaient performer le SDMT et le WLG (valeur  $p > 0.06$ ). En revanche, il y avait seulement une différence significative (valeur  $p = 0,04$ ) du DTC de la tâche motrice entre les deux groupes quand ils devaient performer le SCWT (-53% vs -28%).

De cette manière, différentes tâches cognitives peuvent toucher une variété de processus mentaux. Un autre exemple est le Silence Backward Counting (SBC) qui avait un effet de diminuer la performance de la marche lorsqu'il était effectué en double tâche. Pourtant, réciter les lettres de l'alphabet avait un effet rythmique chez les participants qui menaient ceux-ci à avoir une meilleure performance à la marche (Kirkland et al., 2015).

D'ailleurs, le temps de réaction peut être une tâche plus facile comparée aux autres tâches comme le SCWT ou encore le SBC. Cependant, selon nos connaissances, il n'y a aucune autre étude qui avait le temps de réaction de choix comme tâche cognitive pour quantifier le DTC chez une population atteinte de sclérose en plaques. De ce fait, il est

difficile de déterminer si le temps de réaction était une tâche cognitive optimale pour déterminer de façon significative le coût de la double tâche chez cette population.

En revanche, une étude en particulière (Remaud et al., 2013) a évalué le temps de réaction dans plusieurs conditions posturales pour quantifier le DTC chez une population asymptomatique. Comme notre étude, les participants avaient comme consigne de prioriser la tâche cognitive dans une des modalités de leurs études. En ce qui a trait aux conditions posturales, seulement les conditions tandem avec les yeux ouverts et les yeux fermés est commune entre les deux études. De ce fait, il est pertinent de regarder les résultats des deux études. Pour le DTC du temps de réaction de la condition tandem avec yeux ouverts, les participants de cette étude avait une DTC de 2.9 % (7.0) comparé à 3.6% (10.9) pour le groupe Sain de notre étude. Pour le DTC du temps de réaction de la condition tandem avec yeux fermés, il y avait un DTC de 3.4 % (4.8) comparé à 0.44% (16.8) pour le groupe Sain de notre étude. Pour le DTC de la tâche motrice, il était impossible de déterminer la similarité des DTC, car ce n'était pas les mêmes variables utilisées entre les deux études pour quantifier les DTC de l'équilibre.

De ce fait, cette étude est l'une des premières à évaluer la DTC avec ces tâches spécifiques et il est ardu de pouvoir comparer nos résultats de DTC à la littérature existante. Cependant, le temps de réaction et les variables de l'équilibre ont été vérifiés comme tâche simple pour une population atteinte de sclérose en plaques.

## 8.2 Le temps de réaction

En ce qui concerne le temps de réaction, peu d'études ont évalué le temps de réaction de choix à un stimulus auditif dans les différentes conditions posturales que nous avons utilisées pour cette étude. Pour la position assise, une étude (Bergendal et al., 2007) à démontrer le temps de réaction simple en position assise à un stimulus auditif chez une population atteint de sclérose en plaques était en moyenne de 276 ms (75) comparée au temps de réaction des participants du groupe SEP de notre étude qui était de 380 ms (93). Cette différence de moyenne peut être dû à un phénomène que plus une personne à de choix pour un stimulus, plus sont temps de réaction va être long. Ce phénomène a été démontré par la loi de Hick (Hick, 1952). En effet, la comparaison entre les résultats de cette étude et de la nôtre n'est pas de mise puisque le test à stimulus auditif de notre étude comportait

une épreuve où les participants devaient faire un choix (c'est-à-dire identifier si le stimulus auditif était du côté droit ou du côté gauche). Une autre étude (Solanki et al., 2012) a d'ailleurs démontré l'influence d'une telle composante chez une population asymptomatique. Dans cette étude, un groupe de 44 hommes ont dû performer deux tâches de temps de réaction auditif, soit un temps de réaction simple et de choix. Les résultats démontrent une importante différence le temps de réaction simple (moyenne de 126,27 ms) et pour le temps de réaction de choix (moyenne de 344,00 ms).

De ce fait, le temps de réaction peut être influencé par plusieurs facteurs comme le type de stimulus ou encore la difficulté de celui-ci (Polskaia et Lajoie, 2016; Solanki et al., 2012; Deluca et al., 2004). En ce qui concerne l'utilisation du temps de réaction comme tâche cognitive lors de la double tâche, plusieurs études ont regardé l'effet de celle-ci sur l'équilibre chez une population asymptomatique (Jehu et al., 2015; Vuillerme et al., 2000). Cependant, presque aucune étude à porter attention au temps de réaction comme tâche cognitive pour évaluer le DTC chez les PSEP.

### 8.3 L'équilibre

En ce qui concerne l'évaluation de l'équilibre, nous avons utilisé deux conditions posturales, soit debout avec les pieds séparés et en tandem. D'ailleurs, ces deux positions posturales permettent de démontrer l'effet d'une diminution de la base de support par une augmentation des oscillations posturales (Nichols et al., 1995). Par ailleurs, il a été démontré dans le passé que les PSEP avaient un moins bon contrôle de l'équilibre que les personnes saines (Prosperini et al., 2013). Cependant, un regard rapide à nos résultats suggère que les participants du groupe SEP avaient un meilleur contrôle de l'équilibre que les participants du groupe sain dans les conditions tandem avec les yeux fermés, mais il n'y avait aucune autre différence significative dans les autres conditions. Un important facteur pouvant confondre cette association est le taux de réussite de la condition tandem avec les yeux fermés. En fait, la moitié des participants du groupe SEP n'ont pas pu réussir les conditions tandem avec les yeux fermés en ST et DT comparé aux participants du groupe Sain où 91% de ceux-ci ont été capable de réussir la tâche (Voir tableau 14). De cette manière, il est possible de dire que seuls les meilleurs participants du groupe SEP ont été capables de performer la tâche.

Une raison supplémentaire pouvant expliquer la meilleure performance du groupe SEP aux épreuves en tandem est que ce groupe a possiblement développé des stratégies au niveau postural pour ne pas chuter durant les essais. En effet, si on regarde au niveau du DTC, les participants du groupe SEP ont priorisé la tâche motrice au détriment de la tâche cognitive. De cette manière, ils étaient plus stables lors de la double tâche, mais leurs temps de réaction étaient moins rapides. Pour le groupe asymptomatique, il y avait une facilitation mutuelle, donc une meilleure performance dans les deux tâches lors de la DT. De cette manière, cette différence de la demande attentionnelle entre les deux groupes pourrait démontrer la raison pourquoi il y a une différence dans les variables de l'équilibre.

Finalement, nous avons comparé le groupe SEP en deux sous-groupes, soit les participants qui avaient réussi la tâche et ceux qui n'ont pas été capables. Ceci nous aide à mieux comprendre ce qui pourrait être sous-jacent à la réussite ou l'échec des épreuves en tandem. Les participants du sous-groupe SEP qui avait réussi la tâche avaient une moyenne nettement inférieure à ceux du sous-groupe SEP qui n'avaient pas réussi la tâche. Il a déjà été démontré que l'IMC est un facteur qui agit énormément sur le contrôle postural. En effet, il existe une corrélation négative entre ces deux facteurs. Plus l'IMC est grand, moins que le contrôle postural est efficace (Hue et al., 2007; Teasdale et al., 2007).

Aussi, le niveau d'invalidité représenté par le score EDSS était 2,5 fois plus élevé chez le sous-groupe SEP qui n'avait pas réussi la tâche tandem comparé au sous-groupe SEP qui l'avait réussi (Voir tableau 15). Une étude de Noseworthy et al., (1990) démontre qu'une différence de 1.0 sur le score EDSS peut refléter un changement fonctionnel important chez cette population. De ce fait, les deux sous-groupes peuvent avoir des différences au niveau de l'invalidité qui peut influencer leurs performances au niveau du contrôle postural.

En ce qui concerne les résultats des tests et questionnaires cliniques, il y avait des différences significatives entre les deux sous-groupes pour le MoCA, le FAB et le FES-I ( $p < 0.05$ ). Les participants du sous-groupe qui n'avaient pas réussi la tâche avaient en moyenne un score plus petit que 26. Ce qui veut dire qu'ils avaient une plus grande chance d'être affecté par des troubles cognitifs légers. En plus, il été démontré qu'il existe une relation négative entre le score du MoCA et le contrôle postural (Kalsait et al., 2017; Silva-

Batista et al., 2017). Selon le score du FAB, le sous-groupe SEP qui n'avait pas réussi la tâche avait une plus grande préoccupation par rapport au risque de chute (FES-I). Par ailleurs, la peur de chute peut influencer de manière négative le contrôle postural (Adkin et al., 2003) et réduire la participation à des activités où le risque de chute est élevé (Peterson et al., 2007). En ce qui concerne la fatigue, il n'y avait aucune différence significative aux résultats du FSMC entre les deux groupes, mais les participants des deux groupes pouvaient être atteints de fatigue. Ainsi, la fatigue est un prédicteur important du contrôle postural chez les PSEP (Hebert et Corboy, 2013)

De ce fait, l'IMC, la cognition et la peur de chutes peuvent être des facteurs qui ont grandement influencé les participants du groupe SEP à ne pas avoir réussi à compléter la tâche tandem avec les yeux fermés. Cette condition posturale semble poser problème aux PSEP. Une étude de Frzovic et al (2000) a démontré qu'un groupe composé de PSEP n'était pas capable d'accomplir une tâche qui consistait à rester dans la position tandem pour une période de 30 secondes. Dans cette étude, tous les participants asymptomatiques ont été capables de garder la position pour 30 secondes. Cependant, les PSEP avaient un temps médian de 2.97 secondes. De ce fait, la position tandem pourrait être un élément essentiel dans l'évaluation de l'équilibre chez les PSEP.

#### 8.4 Forces et limites

Ce projet de maîtrise comprend plusieurs forces. Notamment, il s'agit d'une première étude sur le DT qui prend en considération le DTC d'une tâche d'équilibre et de temps de réaction de choix chez une population atteintes de la SEP. Ainsi, peu d'études ont pris en considération l'évaluation du DTC de la tâche cognitive lors de l'évaluation de la DT. Pourtant, le DTC des deux tâches sont nécessaires pour comprendre la demande attentionnelle ou encore comment un groupe de participant priorisent ou non une tâche en particulière.

Une des forces de l'étude inclue le fait que les deux groupes ont été appariés par rapport à l'âge, le genre et le niveau d'éducation. De cette manière, appairer les deux groupes par rapport à ces facteurs diminue les chances qu'ils confondent les résultats, permettant ainsi une comparaison plus juste entre un groupe de participants atteint d'une maladie neurodégénérative spécifique et un groupe supposément asymptomatique.

Aussi, le niveau d'invalidité des participants du groupe SEP. Effectivement, le score EDSS médian (étendue) est de 1,5 (0,0 – 3,5). La plupart des études qui ont utilisé une tâche d'équilibre pour quantifier la DT avaient des scores EDSS moyen ou médian pour les PSEP qui allaient de 1,7 à 6,0. De cette manière, cette étude se distingue par des PSEP qui étaient en début de la maladie.

Un autre aspect essentiel est les nombres d'essais sur la plateforme de force pour quantifier le DTC de l'équilibre et du temps de réaction. Ainsi, les 44 participants étaient exposés aux 36 essais de 60 secondes pour l'évaluation de la DT. En effet, pour chaque condition posturale (debout et tandem), les participants avaient quatre essais à accomplir pour une période de 60 secondes. Ces périodes s'avèrent un temps optimal pour voir l'influence d'une tâche posturale sur le contrôle de l'équilibre (Doyle et al., 2007). Ainsi, la moyenne des quatre essais représente des valeurs de l'équilibre plus fiable à l'interprétation du contrôle de l'équilibre que le résultat d'un seul essai seulement.

Les tests et questionnaires qui ont permis d'évaluer des facteurs qui peuvent agir sur la performance de la DT sont aussi une force de cette étude. En effet, les différents tests et questionnaires cliniques ont été choisis par rapport à leur validité auprès d'une population atteinte de SEP, mais aussi envers les pistes qu'ils pouvaient nous fournir en ce qui concerne les facteurs qui peuvent agir sur la performance des deux tâches évaluées lors de la DT.

La taille d'échantillons peut aussi être un facteur représentant une limite à cette étude. À cet égard, 44 participants ont participé à cette étude, soit 22 participants dans chaque groupe. En ce qui concerne les études de la recension qui ont utilisé l'équilibre comme tâche motrice, il y avait de 23 à 92 personnes dans le groupe composé de PSEP. Cependant, quatre des sept études avaient un groupe témoin composé de participants asymptomatiques. Une étude (Negahban et al., 2011) avait presque le même nombre de participants que notre étude, soit 23 participants pour chaque groupe. D'ailleurs, cette étude a utilisé le même type d'analyse que notre étude. Aussi, pour la réalisation de cette étude, aucun participant n'a été refusé sur la base de sa médication. De cette manière, il est possible que certains médicaments aient influencés la performance des participants



Le type de tâche peut aussi être une limite à notre étude. En effet, aucune autre étude dans le domaine de l'évaluation de la DT chez les PSEP n'a utilisé un temps de réaction de choix pour quantifier le DTC. De cette manière, il est difficile de comparer nos résultats à ceux d'autres études.

En effet, le temps de réaction de choix a été utilisé car il était facile à quantifier, mais qu'il permettait de mesurer la vitesse de traitement de l'information à sa plus simple expression. Cependant, le fait d'utiliser un déclencheur ait pu augmenter les oscillations posturales des participants. De ce fait, il est possible qu'il y ait eu introduction d'une erreur systémique. D'autres études sont nécessaires pour déterminer l'influence de la DT sur l'équilibre et la performance cognitive avec divers types de tâches motrice et cognitive pour déterminer l'influence de ceux-ci une sur l'autres.

### 8.5 Avenues de recherche

Cette étude permet l'avancement des connaissances sur la demande attentionnelle des PSEP comparé aux personnes saines. Le devis de cette étude n'a jamais été fait dans une autre étude. En effet, le temps de réaction de choix (tâche cognitive) et l'équilibre statique n'ont pas été utilisés chez cette population pour vérifier la demande attentionnelle lors de la DT. Bien qu'il n'eût aucune différence significative dans le DTC entre les deux groupes de cette étude, il est toutefois intéressant de voir la différence au niveau attentionnelle par l'observation des résultats du modèle de Plummer et Eskes (2015). C'est résultats pourraient permettre de trouver la DT optimal pour développer un outil de pronostic de la maladie un outil de réadaptation pour diminuer les risques de chute. Pour les études futures, il serait essentiel d'avoir une plus grande taille d'échantillon.

## 9. Conclusion

L'évaluation de la DT chez les PSEP par l'entremise du DTC est récente dans le domaine de l'évaluation de la demande attentionnelle chez cette population. En effet, le peu d'études dans le domaine se présentent avec plusieurs modalités différentes ce qui apporte des résultats et des interprétations différentes. La présente étude démontre que la DT n'a pas d'impact sur le temps de réaction et chez la performance de l'équilibre chez les deux groupes (SEP et Sain). Cependant, il est possible de voir un cheminement différent entre les deux groupes avec l'augmentation de la difficulté de la tâche. En effet, même si tous les participants recevaient la consigne de prioriser la tâche cognitive, les participants du groupe SEP priorisaient l'équilibre au détriment de la performance de la tâche cognitive avec l'augmentation du niveau de difficulté de la tâche d'équilibre. Cette tendance n'était pas observée chez le groupe composé de participants asymptomatique où il y avait une facilitation mutuelle dans les deux tâches. Aussi, on peut observer que le groupe Sain avait un temps de réaction plus rapide que le groupe SEP et que moins de participants du groupe SEP arrivaient à effectuer les tests qui demandaient plus d'équilibre. Les résultats suggèrent que les PSEP adoptent une stratégie d'autolimitation afin de limiter les situations où ils sont à risque de chute. Des études futures seront nécessaires pour évaluer l'effet d'une DT sur les performances des PSEP dans diverses tâches motrices et cognitives pour comprendre plus en profondeur les processus cognitifs utilisés par cette population dans la demande attentionnelle.

## Références

- Adkin, A. L., Frank, J. S., & Jog, M. S. (2003). Fear of falling and postural control in Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 18(5), 496–502. <https://doi.org/10.1002/mds.10396>
- Ahlgren, C., Odén, A., & Lycke, J. (2011). High nationwide prevalence of multiple sclerosis in Sweden. *Multiple Sclerosis Journal*, 17(8), 901–908. <https://doi.org/10.1177/1352458511403794>
- Allali, G., Laidet, M., Assal, F., Armand, S., & Lalive, P. H. (2014). Walking while talking in patients with multiple sclerosis: the impact of specific cognitive loads. *Neurophysiologie Clinique = Clinical Neurophysiology*, 44(1), 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2013.10.136>
- Amankwah, N., Marrie, R. A., Bancej, C., Garner, R., Manuel, D. G., Wall, R., ... Reimer, K. (2017). Multiple sclerosis in Canada 2011 to 2031: results of a microsimulation modelling study of epidemiological and economic impacts. *Maladies Chroniques et Blessures Au Canada*, 37(2), 37–48.
- Amato, M. P., Zipoli, V., & Portaccio, E. (2006). Multiple sclerosis-related cognitive changes: A review of cross-sectional and longitudinal studies. *Journal of the Neurological Sciences*, 245(1–2), 41–46. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2005.08.019>
- Arnold, A. C. (2005). Evolving management of optic neuritis and multiple sclerosis. *American Journal of Ophthalmology*, 139(6), 1101–1108. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2005.01.031>
- Assländer, L., & Peterka, R. J. (2014). Sensory reweighting dynamics in human postural control. *Journal of Neurophysiology*, 111(9), 1852–1864. <https://doi.org/10.1152/jn.00669.2013>
- Audoin, B., Au Duong, M. V., Ranjeva, J.-P., Ibarrola, D., Malikova, I., Confort-Gouny, S., ... Cozzone, P. J. (2005). Magnetic resonance study of the influence of tissue damage and cortical reorganization on PASAT performance at the earliest stage of multiple sclerosis. *Human Brain Mapping*, 24(3), 216–228. <https://doi.org/10.1002/hbm.20083>
- Baddeley, A. (2003). Working memory and language: an overview. *Journal of Communication Disorders*, 36(3), 189–208. [https://doi.org/10.1016/S0021-9924\(03\)00019-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9924(03)00019-4)
- Beatty, W. W., & Goodkin, D. E. (1990). Screening for Cognitive Impairment in Multiple Sclerosis: An Evaluation of the Mini-Mental State Examination. *Archives of Neurology*, 47(3), 297–301. <https://doi.org/10.1001/archneur.1990.00530030069018>
- Beck, C. A., Metz, L. M., Svenson, L. W., & Patten, S. B. (2005). Regional variation of multiple sclerosis prevalence in Canada. *Multiple Sclerosis Journal*, 11(5), 516–519. <https://doi.org/10.1191/1352458505ms1192oa>

- Beiske, A. G., Svensson, E., Sandanger, I., Czujko, B., Pedersen, E. D., Aarseth, J. H., & Myhr, K. M. (2008). Depression and anxiety amongst multiple sclerosis patients. *European Journal of Neurology*, 15(3), 239–245. <https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2007.02041.x>
- Benda, B. J., Riley, P. O., & Krebs, D. E. (1994). Biomechanical relationship between center of gravity and center of pressure during standing. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 2(1), 3–10. <https://doi.org/10.1109/86.296348>
- Benedict, R. H. B., Cookfair, D., Gavett, R., Gunther, M., Munschauer, F., Garg, N., & Weinstock-Guttman, B. (2006). Validity of the minimal assessment of cognitive function in multiple sclerosis (MACFIMS). *Journal of the International Neuropsychological Society*, 12(4), 549–558. <https://doi.org/10.1017/S1355617706060723>
- Benedict, R. H. B., Fischer, J. S., Archibald, C. J., Arnett, P. A., Beatty, W. W., Bobholz, J., ... Munschauer, F. (2002). Minimal neuropsychological assessment of MS patients: a consensus approach. *The Clinical Neuropsychologist*, 16(3), 381–397. <https://doi.org/10.1076/clin.16.3.381.13859>
- Bergendal, G., Fredrikson, S., & Almkvist, O. (2007). Selective decline in information processing in subgroups of multiple sclerosis: an 8-year longitudinal study. *European Neurology*, 57(4), 193–202. <https://doi.org/10.1159/000099158>
- Bilney, B., Morris, M., & Webster, K. (2003). Concurrent related validity of the GAITRite walkway system for quantification of the spatial and temporal parameters of gait. *Gait & Posture*, 17(1), 68–74.
- Boes, M. K., Sosnoff, J. J., Socie, M. J., Sandroff, B. M., Pula, J. H., & Motl, R. W. (2012). Postural control in multiple sclerosis: effects of disability status and dual task. *Journal of the Neurological Sciences*, 315(1–2), 44–48. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2011.12.006>
- Boringa, J. B., Lazon, R. H., Reuling, I. E., Adèr, H. J., Pfennings, L., Lindeboom, J., ... Polman, C. H. (2001). The brief repeatable battery of neuropsychological tests: normative values allow application in multiple sclerosis clinical practice. *Multiple Sclerosis (Houndmills, Basingstoke, England)*, 7(4), 263–267. <https://doi.org/10.1177/135245850100700409>
- Browne, P., Chandraratna, D., Angood, C., Tremlett, H., Baker, C., Taylor, B. V., & Thompson, A. J. (2014). Atlas of Multiple Sclerosis 2013: A growing global problem with widespread inequity. *Neurology*, 83(11), 1022–1024. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000000768>
- Carpenter, M. G., Frank, J. S., Winter, D. A., & Peysar, G. W. (2001). Sampling duration effects on centre of pressure summary measures. *Gait & Posture*, 13(1), 35–40.
- Cattaneo, D., & Jonsdottir, J. (2009). Sensory impairments in quiet standing in subjects with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis (Houndmills, Basingstoke, England)*, 15(1), 59–67. <https://doi.org/10.1177/1352458508096874>

- Cheng, E. M., Hays, R. D., Myers, L. W., Ellison, G. W., Beckstrand, M., & Vickrey, B. G. (2001). Factors related to agreement between self-reported and conventional Expanded Disability Status Scale (EDSS) scores. *Multiple Sclerosis* (Houndmills, Basingstoke, England), 7(6), 405–410. <https://doi.org/10.1177/135245850100700610>
- Chiaravalloti, N. D., & DeLuca, J. (2008). Cognitive impairment in multiple sclerosis. *The Lancet. Neurology*, 7(12), 1139–1151. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(08\)70259-X](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(08)70259-X)
- Chiari, L., Croce, U. D., Leardini, A., & Cappozzo, A. (2005). Human movement analysis using stereophotogrammetry: Part 2: Instrumental errors. *Gait & Posture*, 21(2), 197–211. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.04.004>
- da Gama Pereira, A. B. C. N., Sampaio Lacativa, M. C., da Costa Pereira, F. F. C., & Papais Alvarenga, R. M. (2015). Prevalence of multiple sclerosis in Brazil: A systematic review. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 4(6), 572–579. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2015.08.004>
- Dagenais, E., Rouleau, I., Demers, M., Jobin, C., Roger, É., Chamelian, L., & Duquette, P. (2013). Value of the MoCA Test as a Screening Instrument in Multiple Sclerosis. *Canadian Journal of Neurological Sciences*, 40(3), 410–415. <https://doi.org/10.1017/S0317167100014384>
- Della Croce, U., Leardini, A., Chiari, L., & Cappozzo, A. (2005). Human movement analysis using stereophotogrammetry: Part 4: assessment of anatomical landmark misplacement and its effects on joint kinematics. *Gait & Posture*, 21(2), 226–237. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.05.003>
- DeLuca, J., Chelune, G. J., Tulskey, D. S., Lengenfelder, J., & Chiaravalloti, N. D. (2004). Is speed of processing or working memory the primary information processing deficit in multiple sclerosis? *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 26(4), 550–562. <https://doi.org/10.1080/13803390490496641>
- Deluca, J., Christodoulou, C., Diamond, B. J., Rosenstein, E. D., Kramer, N., & Natelson, B. H. (2004). Working memory deficits in chronic fatigue syndrome: differentiating between speed and accuracy of information processing. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 10(1), 101–109. <https://doi.org/10.1017/S1355617704101124>
- Downer, M. B., Kirkland, M. C., Wallack, E. M., & Ploughman, M. (2016). Walking impairs cognitive performance among people with multiple sclerosis but not controls. *Human Movement Science*, 49, 124–131. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2016.06.010>
- Doyle, R. J., Hsiao-Wecksler, E. T., Ragan, B. G., & Rosengren, K. S. (2007). Generalizability of center of pressure measures of quiet standing. *Gait & Posture*, 25(2), 166–171. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.03.004>

- Etemadi, Y. (2017). Dual task cost of cognition is related to fall risk in patients with multiple sclerosis: a prospective study. *Clinical Rehabilitation*, 31(2), 278–284. <https://doi.org/10.1177/0269215516637201>
- Fatigue and Multiple Sclerosis: Evidence-based Management Strategies for Fatigue in Multiple Sclerosis. (1998). Multiple Sclerosis Council for Clinical Practice Guidelines.
- Flachenecker, P., Kümpfel, T., Kallmann, B., Gottschalk, M., Grauer, O., Rieckmann, P., ... Toyka, K. V. (2002). Fatigue in multiple sclerosis: a comparison of different rating scales and correlation to clinical parameters. *Multiple Sclerosis* (Houndmills, Basingstoke, England), 8(6), 523–526. <https://doi.org/10.1191/1352458502ms839oa>
- Foley, P. L., Vesterinen, H. M., Laird, B. J., Sena, E. S., Colvin, L. A., Chandran, S., ... Fallon, M. T. (2013). Prevalence and natural history of pain in adults with multiple sclerosis: systematic review and meta-analysis. *Pain*, 154(5), 632–642. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2012.12.002>
- Freitas, S., Batista, S., Afonso, A. C., Simões, M. R., Sousa, L. de, Cunha, L., & Santana, I. (2016). The Montreal Cognitive Assessment (MoCA) as a screening test for cognitive dysfunction in multiple sclerosis. *Applied Neuropsychology: Adult*, 0(0), 1–14. <https://doi.org/10.1080/23279095.2016.1243108>
- Freitas, S., Simões, M. R., Alves, L., & Santana, I. (2013). Montreal cognitive assessment: validation study for mild cognitive impairment and Alzheimer disease. *Alzheimer Disease and Associated Disorders*, 27(1), 37–43. <https://doi.org/10.1097/WAD.0b013e3182420bfe>
- Frzovic, D., Morris, M. E., & Vowels, L. (2000). Clinical tests of standing balance: performance of persons with multiple sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(2), 215–221.
- Givon, U., Zeilig, G., & Achiron, A. (2009). Gait analysis in multiple sclerosis: Characterization of temporal–spatial parameters using GAITRite functional ambulation system. *Gait & Posture*, 29(1), 138–142. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.07.011>
- Glanz, B. I., Holland, C. M., Gauthier, S. A., Amunwa, E. L., Liptak, Z., Houtchens, M. K., ... Weiner, H. L. (2007). Cognitive dysfunction in patients with clinically isolated syndromes or newly diagnosed multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis* (Houndmills, Basingstoke, England), 13(8), 1004–1010. <https://doi.org/10.1177/1352458507077943>
- Goodin, D. S. (2009). The Causal Cascade to Multiple Sclerosis: A Model for MS Pathogenesis. *PLOS ONE*, 4(2), e4565. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004565>
- Hebert, J. R., & Corboy, J. R. (2013). The association between multiple sclerosis-related fatigue and balance as a function of central sensory integration. *Gait & Posture*, 38(1), 37–42. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.10.015>

- Hernandez, D., & Rose, D. J. (2008). Predicting Which Older Adults Will or Will Not Fall Using the Fullerton Advanced Balance Scale. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(12), 2309–2315. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.05.020>
- Hick, W. E. (1952). On the Rate of Gain of Information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 4(1), 11–26. <https://doi.org/10.1080/17470215208416600>
- Hoang, P. D., Cameron, M. H., Gandevia, S. C., & Lord, S. R. (2014). Neuropsychological, balance, and mobility risk factors for falls in people with multiple sclerosis: a prospective cohort study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(3), 480–486. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.09.017>
- Hoops, S., Nazem, S., Siderowf, A. D., Duda, J. E., Xie, S. X., Stern, M. B., & Weintraub, D. (2009). Validity of the MoCA and MMSE in the detection of MCI and dementia in Parkinson disease. *Neurology*, 73(21), 1738–1745. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3181c34b47>
- Hue, O., Simoneau, M., Marcotte, J., Berrigan, F., Doré, J., Marceau, P., ... Teasdale, N. (2007). Body weight is a strong predictor of postural stability. *Gait & Posture*, 26(1), 32–38. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.07.005>
- Jehu, D. A., Despons, A., Paquet, N., & Lajoie, Y. (2015). Prioritizing attention on a reaction time task improves postural control and reaction time. *The International Journal of Neuroscience*, 125(2), 100–106. <https://doi.org/10.3109/00207454.2014.907573>
- Julian, L. J. (2011). Cognitive functioning in multiple sclerosis. *Neurologic Clinics*, 29(2), 507–525. <https://doi.org/10.1016/j.ncl.2010.12.003>
- Kalron, A., Dvir, Z., & Achiron, A. (2011). Effect of a cognitive task on postural control in patients with a clinically isolated syndrome suggestive of multiple sclerosis. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 47(4), 579–586.
- Kalron, A., Nitzani, D., & Achiron, A. (2016). Static posturography across the EDSS scale in people with multiple sclerosis: a cross sectional study. *BMC Neurology*, 16, 70. <https://doi.org/10.1186/s12883-016-0603-6>
- Kalsait, A. S., Lakshmi Prabha R., Iyyar, S., & Mehta, A. (2017). Correlation of Cognitive Impairment with Functional Mobility & Risk of Fall in Elderly Individuals. *Indian Journal of Physiotherapy & Occupational Therapy*, 11(2), 7–11. <https://doi.org/10.5958/0973-5674.2017.00027.2>
- Kelly, V. E., Eusterbrock, A. J., & Shumway-Cook, A. (2012). The effects of instructions on dual-task walking and cognitive task performance in people with Parkinson's disease. *Parkinson's Disease*, 2012, 671261. <https://doi.org/10.1155/2012/671261>
- Khalil, H., Al-Shorman, A., El-Salem, K., Abdo, N., Alghwiri, A. A., Aburub, A., ... Al-Mustafa, F. (2017). Fear of Falling in People With Multiple Sclerosis: Which Clinical Characteristics Are Important? *Physical Therapy*, 97(7), 698–706. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzx044>

- Khan, S., & Chang, R. (2013). Anatomy of the vestibular system: A review (Vol. 32). <https://doi.org/10.3233/NRE-130866>
- Kirkland, M. C., Wallack, E. M., Rancourt, S. N., & Ploughman, M. (2015). Comparing Three Dual-Task Methods and the Relationship to Physical and Cognitive Impairment in People with Multiple Sclerosis and Controls. *Multiple Sclerosis International*, 2015, 650645. <https://doi.org/10.1155/2015/650645>
- Korostil, M., & Feinstein, A. (2007). Anxiety disorders and their clinical correlates in multiple sclerosis patients. *Multiple Sclerosis (Houndmills, Basingstoke, England)*, 13(1), 67–72. <https://doi.org/10.1177/1352458506071161>
- Kraft, G. H. (2013). Evoked Potentials in Multiple Sclerosis. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 24(4), 717–720. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2013.07.001>
- Kurtzke, J. F. (1983). Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: an expanded disability status scale (EDSS). *Neurology*, 33(11), 1444–1452.
- Lafond, D., Duarte, M., & Prince, F. (2004). Comparison of three methods to estimate the center of mass during balance assessment. *Journal of Biomechanics*, 37(9), 1421–1426. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(03\)00251-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(03)00251-3)
- Lajoie, Y., Teasdale, N., Bard, C., & Fleury, M. (1993). Attentional demands for static and dynamic equilibrium. *Experimental Brain Research*, 97(1), 139–144. <https://doi.org/10.1007/BF00228824>
- Langer-Gould, A., Brara, S. M., Beaber, B. E., & Zhang, J. L. (2013). Incidence of multiple sclerosis in multiple racial and ethnic groups. *Neurology*, 80(19), 1734–1739. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3182918cc2>
- Leardini, A., Chiari, L., Croce, U. D., & Cappozzo, A. (2005). Human movement analysis using stereophotogrammetry: Part 3. Soft tissue artifact assessment and compensation. *Gait & Posture*, 21(2), 212–225. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.05.002>
- Learmonth, Y. C., Ensari, I., & Motl, R. W. (2017). Cognitive Motor Interference in Multiple Sclerosis: Insights From a Systematic Quantitative Review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 98(6), 1229–1240. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2016.07.018>
- Learmonth, Y. C., Sandroff, B. M., Pilutti, L. A., Klaren, R. E., Ensari, I., Riskin, B. J., ... Motl, R. W. (2014). Cognitive motor interference during walking in multiple sclerosis using an alternate-letter alphabet task. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(8), 1498–1503. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.03.007>
- Lengenfelder, J., Bryant, D., Diamond, B. J., Kalmar, J. H., Moore, N. B., & DeLuca, J. (2006). Processing speed interacts with working memory efficiency in multiple sclerosis. *Archives of Clinical Neuropsychology: The Official Journal of the National Academy of Neuropsychologists*, 21(3), 229–238. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2005.12.001>



- Lezak, M. D. (1995). *Neuropsychological Assessment*. Oxford University Press, USA.
- Looker, A. C., Pfeiffer, C. M., Lacher, D. A., Schleicher, R. L., Picciano, M. F., & Yetley, E. A. (2008). Serum 25-hydroxyvitamin D status of the US population: 1988-1994 compared with 2000-2004. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 88(6), 1519–1527. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26182>
- Martin, C. L., Phillips, B. A., Kilpatrick, T. J., Butzkueven, H., Tubridy, N., McDonald, E., & Galea, M. P. (2006). Gait and balance impairment in early multiple sclerosis in the absence of clinical disability. *Multiple Sclerosis* (Houndmills, Basingstoke, England), 12(5), 620–628. <https://doi.org/10.1177/1352458506070658>
- Matsuda, P. N., Shumway-Cook, A., Bamer, A. M., Johnson, S. L., Amtmann, D., & Kraft, G. H. (2011). Falls in Multiple Sclerosis. *PM&R*, 3(7), 624–632. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2011.04.015>
- Matsuda, P. N., Shumway-Cook, A., Ciol, M. A., Bombardier, C. H., & Kartin, D. A. (2012). Understanding Falls in Multiple Sclerosis: Association of Mobility Status, Concerns About Falling, and Accumulated Impairments. *Physical Therapy*, 92(3), 407–415. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100380>
- Mazumder, R., Murchison, C., Bourdette, D., & Cameron, M. (2014). Falls in people with multiple sclerosis compared with falls in healthy controls. *PloS One*, 9(9), e107620. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107620>
- McAlpine, D., & Compston, A. (2005). *McAlpine's Multiple Sclerosis*. Elsevier Health Sciences.
- McCarthy, M., Beaumont, J. G., Thompson, R., & Peacock, S. (2005). Modality-specific aspects of sustained and divided attentional performance in multiple sclerosis. *Archives of Clinical Neuropsychology: The Official Journal of the National Academy of Neuropsychologists*, 20(6), 705–718. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2005.04.007>
- McDonough, A. L., Batavia, M., Chen, F. C., Kwon, S., & Ziai, J. (2001). The validity and reliability of the GAITRite system's measurements: A preliminary evaluation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(3), 419–425. <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.19778>
- McLoughlin, J., Barr, C., Crotty, M., Lord, S. R., & Sturnieks, D. L. (2015). Association of Postural Sway with Disability Status and Cerebellar Dysfunction in People with Multiple Sclerosis: A Preliminary Study. *International Journal of MS Care*, 17(3), 146–151. <https://doi.org/10.7224/1537-2073.2014-003>
- Milo, R., & Kahana, E. (2010). Multiple sclerosis: Geoepidemiology, genetics and the environment. *Autoimmunity Reviews*, 9(5), A387–A394. <https://doi.org/10.1016/j.autrev.2009.11.010>

- Minden, S. L., Frankel, D., Hadden, L., Perloffp, J., Srinath, K. P., & Hoaglin, D. C. (2006). The Sonya Slifka Longitudinal Multiple Sclerosis Study: methods and sample characteristics. *Multiple Sclerosis* (Houndmills, Basingstoke, England), 12(1), 24–38. <https://doi.org/10.1191/135248506ms1262oa>
- Morrow, S. A. (2013). Normative data for the Stroop color word test for a North American population. *The Canadian Journal of Neurological Sciences. Le Journal Canadien Des Sciences Neurologiques*, 40(6), 842–847.
- Motl, R. W., Cohen, J. A., Benedict, R., Phillips, G., LaRocca, N., Hudson, L. D., ... Multiple Sclerosis Outcome Assessments Consortium. (2017). Validity of the timed 25-foot walk as an ambulatory performance outcome measure for multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis* (Houndmills, Basingstoke, England), 23(5), 704–710. <https://doi.org/10.1177/1352458517690823>
- Motl, R. W., Sosnoff, J. J., Dlugonski, D., Pilutti, L. A., Klaren, R., & Sandroff, B. M. (2014). Walking and cognition, but not symptoms, correlate with dual task cost of walking in multiple sclerosis. *Gait & Posture*, 39(3), 870–874. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.11.023>
- Munger, K. L., Zhang, S. M., O'Reilly, E., Hernán, M. A., Olek, M. J., Willett, W. C., & Ascherio, A. (2004). Vitamin D intake and incidence of multiple sclerosis. *Neurology*, 62(1), 60–65. <https://doi.org/10.1212/01.WNL.0000101723.79681.38>
- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., ... Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A Brief Screening Tool For Mild Cognitive Impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(4), 695–699. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>
- National Institutes of Health. (1998). Clinical Guidelines on the Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight and Obesity in Adults--The Evidence Report. *Obesity Research*, 6 Suppl 2, 51S–209S.
- Negahban, H., Mofateh, R., Arastoo, A. A., Mazaheri, M., Yazdi, M. J. S., Salavati, M., & Majdinasab, N. (2011). The effects of cognitive loading on balance control in patients with multiple sclerosis. *Gait & Posture*, 34(4), 479–484. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.06.023>
- Nichols, D. S., Glenn, T. M., & Hutchinson, K. J. (1995). Changes in the Mean Center of Balance During Balance Testing in Young Adults. *Physical Therapy*, 75(8), 699–706. <https://doi.org/10.1093/ptj/75.8.699>

- Nogueira, L. A. C., Santos, L. T. dos, Sabino, P. G., Alvarenga, R. M. P., Thuler, L. C. S. (2013). Walking execution is not affected by divided attention in patients with multiple sclerosis with no disability, but there is a motor planning impairment. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 71(8), 521–526. <https://doi.org/10.1590/0004-282X20130080>
- Noseworthy, J. H., Vandervoort, M. K., Wong, C. J., & Ebers, G. C. (1990). Interrater variability with the Expanded Disability Status Scale (EDSS) and Functional Systems (FS) in a multiple sclerosis clinical trial. The Canadian Cooperation MS Study Group. *Neurology*, 40(6), 971–975.
- Oervik, M., Sejbaek, T., Penner, I., Roar, M., & Blaabjerg, M. (2017). Validation of the fatigue scale for motor and cognitive functions in a danish multiple sclerosis cohort. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 17(Supplement C), 130–134. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2017.07.017>
- Pashler, H. (1994). Graded capacity-sharing in dual-task interference? *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 20(2), 330–342.
- Patla, A. E. (1997). Understanding the roles of vision in the control of human locomotion. *Gait & Posture*, 5(1), 54–69. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(96\)01109-5](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(96)01109-5)
- Paul, R. H., Beatty, W. W., Schneider, R., Blanco, C., & Hames, K. (1998). Impairments of attention in individuals with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis* (Houndmills, Basingstoke, England), 4(5), 433–439. <https://doi.org/10.1177/135245859800400506>
- Pellecchia, G. L. (2003). Postural sway increases with attentional demands of concurrent cognitive task. *Gait & Posture*, 18(1), 29–34.
- Penner, I. K., Raselli, C., Stöcklin, M., Opwis, K., Kappos, L., & Calabrese, P. (2009). The Fatigue Scale for Motor and Cognitive Functions (FSMC): validation of a new instrument to assess multiple sclerosis-related fatigue. *Multiple Sclerosis* (Houndmills, Basingstoke, England), 15(12), 1509–1517. <https://doi.org/10.1177/1352458509348519>
- Perrochon, A., Holtzer, R., Laidet, M., Armand, S., Assal, F., Lalive, P. H., & Allali, G. (2017). Postural control is associated with cognition and fear of falling in patients with multiple sclerosis. *Journal of Neural Transmission* (Vienna, Austria: 1996), 124(4), 495–500. <https://doi.org/10.1007/s00702-016-1668-5>
- Peterson, E. W., Cho, C. C., & Finlayson, M. L. (2007). Fear of falling and associated activity curtailment among middle aged and older adults with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis* (Houndmills, Basingstoke, England), 13(9), 1168–1175. <https://doi.org/10.1177/1352458507079260>
- Plummer, P., & Eskes, G. (2015). Measuring treatment effects on dual-task performance: a framework for research and clinical practice. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00225>

- Polman, C. H., Reingold, S. C., Banwell, B., Clanet, M., Cohen, J. A., Filippi, M., ... Wolinsky, J. S. (2011). Diagnostic criteria for multiple sclerosis: 2010 revisions to the McDonald criteria. *Annals of Neurology*, 69(2), 292–302. <https://doi.org/10.1002/ana.22366>
- Polskaia, N., & Lajoie, Y. (2016). Reducing postural sway by concurrently performing challenging cognitive tasks. *Human Movement Science*, 46, 177–183. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2015.12.013>
- Prosperini, L., Castelli, L., De Luca, F., Fabiano, F., Ferrante, I., & De Giglio, L. (2016). Task-dependent deterioration of balance underpinning cognitive-postural interference in MS. *Neurology*, 87(11), 1085–1092. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000003090>
- Prosperini, L., Castelli, L., Sellitto, G., De Luca, F., De Giglio, L., Gurreri, F., & Pozzilli, C. (2015). Investigating the phenomenon of “cognitive-motor interference” in multiple sclerosis by means of dual-task posturography. *Gait & Posture*, 41(3), 780–785. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.02.002>
- Prosperini, L., Fortuna, D., Giannì, C., Leonardi, L., & Pozzilli, C. (2013). The diagnostic accuracy of static posturography in predicting accidental falls in people with multiple sclerosis. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 27(1), 45–52. <https://doi.org/10.1177/1545968312445638>
- Rankin, J. K., Woollacott, M. H., Shumway-Cook, A., & Brown, L. A. (2000). Cognitive influence on postural stability: a neuromuscular analysis in young and older adults. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(3), M112–119.
- Remaud, A., Boyas, S., Lajoie, Y., & Bilodeau, M. (2013). Attentional focus influences postural control and reaction time performances only during challenging dual-task conditions in healthy young adults. *Experimental Brain Research*, 231(2), 219–229. <https://doi.org/10.1007/s00221-013-3684-0>
- Richer, N., Polskaia, N., & Lajoie, Y. (2017). Continuous Cognitive Task Promotes Greater Postural Stability than an Internal or External Focus of Attention in Older Adults. *Experimental Aging Research*, 43(1), 21–33. <https://doi.org/10.1080/0361073X.2017.1258214>
- Ruhe, A., Fejer, R., & Walker, B. (2010). The test-retest reliability of centre of pressure measures in bipedal static task conditions--a systematic review of the literature. *Gait & Posture*, 32(4), 436–445. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.09.012>
- S Zeigelboim, B., O Arruda, W., Albernaz, P., Cecília M Iório, M., L Jurkiewicz, A., Martins-Bassetto, J., & F Klagenberg, K. (2008). Vestibular findings in relapsing, remitting multiple sclerosis: A study of thirty patients. *The International Tinnitus Journal*, 14, 139–145.

- Sacco, R., Bussman, R., Oesch, P., Kesselring, J., & Beer, S. (2011). Assessment of gait parameters and fatigue in MS patients during inpatient rehabilitation: a pilot trial. *Journal of Neurology*, 258(5), 889–894. <https://doi.org/10.1007/s00415-010-5821-z>
- Sandroff, B. M., Benedict, R. H., & Motl, R. W. (2015). Nonsignificant associations between measures of inhibitory control and walking while thinking in persons with multiple sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 96(8), 1518–1524. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2015.04.015>
- Schlenstedt, C., Brombacher, S., Hartwigsen, G., Weisser, B., Möller, B., & Deuschl, G. (2015). Comparing the Fullerton Advanced Balance Scale With the Mini-BESTest and Berg Balance Scale to Assess Postural Control in Patients With Parkinson Disease. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 96(2), 218–225. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.09.002>
- Scoppa, F., Capra, R., Gallamini, M., & Shiffer, R. (2013). Clinical stabilometry standardization: basic definitions--acquisition interval--sampling frequency. *Gait & Posture*, 37(2), 290–292. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.07.009>
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2001). *Motor Control: Theory and Practical Applications*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Shumway-Cook, A., Woollacott, M., Kerns, K. A., & Baldwin, M. (1997). The effects of two types of cognitive tasks on postural stability in older adults with and without a history of falls. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 52(4), M232-240.
- Silva-Batista, C., Corcos, D. M., Kanegusuku, H., Piemonte, M. E. P., Gobbi, L. T. B., de Lima-Pardini, A. C., ... Ugrinowitsch, C. (2017). Balance and fear of falling in subjects with Parkinson's disease is improved after exercises with motor complexity. *Gait & Posture*, 61, 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.12.027>
- Siu, K.-C., & Woollacott, M. H. (2007). Attentional demands of postural control: the ability to selectively allocate information-processing resources. *Gait & Posture*, 25(1), 121–126. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.02.002>
- Solanki, J., Joshi, N., Shah, C., Mehta, H. B., & Gokhle, P. A. (2012). A Study of Correlation between Auditory and Visual Reaction Time in Healthy Adults. *International Journal of Medicine and Public Health*, 2(2), 36–38. <https://doi.org/10.5530/ijmedph.2.2.8>
- Sosnoff, J. J., Balantrapu, S., Pilutti, L. A., Sandroff, B. M., Morrison, S., & Motl, R. W. (2013). Cognitive processing speed is related to fall frequency in older adults with multiple sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94(8), 1567–1572. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.02.009>
- Sosnoff, J. J., Sandroff, B. M., & Motl, R. W. (2012). Quantifying gait abnormalities in persons with multiple sclerosis with minimal disability. *Gait & Posture*, 36(1), 154–156. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.11.027>

- Sosnoff, J. J., Socie, M. J., Sandroff, B. M., Balantrapu, S., Suh, Y., Pula, J. H., & Motl, R. W. (2014). Mobility and cognitive correlates of dual task cost of walking in persons with multiple sclerosis. *Disability and Rehabilitation*, 36(3), 205–209. <https://doi.org/10.3109/09638288.2013.782361>
- Sosnoff, J. J., Weikert, M., Dlugonski, D., Smith, D. C., & Motl, R. W. (2011). Quantifying gait impairment in multiple sclerosis using GAITRite™ technology. *Gait & Posture*, 34(1), 145–147. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.03.020>
- Stins, J. F., & Beek, P. J. (2012). A critical evaluation of the cognitive penetrability of posture. *Experimental Aging Research*, 38(2), 208–219. <https://doi.org/10.1080/0361073X.2012.660053>
- Svenson, L. W., Warren, S., Warren, K. G., Metz, L. M., Patten, S. B., & Schopflocher, D. P. (2007). Prevalence of multiple sclerosis in First Nations people of Alberta. *The Canadian Journal of Neurological Sciences. Le Journal Canadien Des Sciences Neurologiques*, 34(2), 175–180.
- Teasdale, N., Bard, C., Larue, J., & Fleury, M. (1993). On the cognitive penetrability of posture control. *Experimental Aging Research*, 19(1), 1–13. <https://doi.org/10.1080/03610739308253919>
- Teasdale, N., Hue, O., Marcotte, J., Berrigan, F., Simoneau, M., Doré, J., ... Tremblay, A. (2007). Reducing weight increases postural stability in obese and morbid obese men. *International Journal of Obesity* (2005), 31(1), 153–160. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803360>
- Thornton, A. E., Raz, N., & Tucke, K. A. (2002). Memory in multiple sclerosis: contextual encoding deficits. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 8(3), 395–409.
- Tyburski, E., Potemkowski, A., Cheć, M., Sołtys, A., Mak, M., & Samochowiec, A. (2014). Specificity of attention and cognitive inhibition processes in relapsing -remitting multiple sclerosis patients with consideration of their mood level. *Psychiatria Polska*, 48(2), 307–318.
- van Vliet, R., Hoang, P., Lord, S., Gandevia, S., & Delbaere, K. (2013). Falls efficacy scale-international: a cross-sectional validation in people with multiple sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94(5), 883–889. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.10.034>
- Videnovic, A., Bernard, B., Fan, W., Jaglin, J., Leurgans, S., & Shannon, K. M. (2010). The Montreal Cognitive Assessment as a screening tool for cognitive dysfunction in Huntington's disease. *Movement Disorders: Official Journal of the Movement Disorder Society*, 25(3), 401–404. <https://doi.org/10.1002/mds.22748>
- Vuillerme, N., Nougier, V., & Teasdale, N. (2000). Effects of a reaction time task on postural control in humans. *Neuroscience Letters*, 291(2), 77–80.

- Wajda, D. A., Motl, R. W., & Sosnoff, J. J. (2013). Dual task cost of walking is related to fall risk in persons with multiple sclerosis. *Journal of the Neurological Sciences*, 335(1–2), 160–163. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2013.09.021>
- Wajda, D. A., Motl, R. W., & Sosnoff, J. J. (2014). Correlates of dual task cost of standing balance in individuals with multiple sclerosis. *Gait & Posture*, 40(3), 352–356. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.04.209>
- Wajda, D. A., & Sosnoff, J. J. (2015). Cognitive-motor interference in multiple sclerosis: a systematic review of evidence, correlates, and consequences. *BioMed Research International*, 2015, 720856. <https://doi.org/10.1155/2015/720856>
- Williams, L. M. (2006). An integrative neuroscience model of “significance” processing. *Journal of Integrative Neuroscience*, 05(01), 1–47. <https://doi.org/10.1142/S0219635206001082>
- Winter, D. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 3(4), 193–214. [https://doi.org/10.1016/0966-6362\(96\)82849-9](https://doi.org/10.1016/0966-6362(96)82849-9)
- Winter, D. A. (1991). *The Biomechanics and Motor Control of Human Gait: Normal, Elderly and Pathological*. University of Waterloo Press.
- Winter, D. A. (1995). *A.B.C. (anatomy, Biomechanics and Control) of Balance During Standing and Walking*. Waterloo Biomechanics.
- Winter, D. A. (2009). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. John Wiley & Sons.
- Winter, D. A., & Patla, A. E. (1997). *Signal Processing and Linear Systems for the Movement Sciences*. Waterloo Biomechanics.
- Woollacott, M., & Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait & Posture*, 16(1), 1–14.
- Yardley, L., Beyer, N., Hauer, K., Kempen, G., Piot-Ziegler, C., & Todd, C. (2005). Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I). *Age and Ageing*, 34(6), 614–619. <https://doi.org/10.1093/ageing/afi196>
- Zech, A., Hübscher, M., Vogt, L., Banzer, W., Hänsel, F., & Pfeifer, K. (2010). Balance Training for Neuromuscular Control and Performance Enhancement: A Systematic Review. *Journal of Athletic Training*, 45(4), 392–403. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-45.4.392>
- Zeigelboim, B. S., Arruda, W. O., Mangabeira-Albernaz, P. L., Iorio, M. C., Jurkiewicz, A. L., Martins-Bassetto, J., & Klagenberg, K. F. (2008). Vestibular findings in relapsing, remitting multiple sclerosis: a study of thirty patients. *Int Tinnitus J*, 14(2), 139–45.

## **Annexes**



Annexe 1: Formulaire de consentement pour participants SEP-Français



## FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Groupe expérimental

**TITRE DU PROJET :** Élaboration et validation d'un outil de prédiction des chutes chez les personnes atteintes de sclérose en plaques

**CHERCHEUR PRINCIPAL :** Grant Handrigan, Ph.D.  
Professeur adjoint, École de kinésiologie et de loisir.  
Université de Moncton

**CHERCHEURS ASSOCIÉS :**

Mathieu Bélanger, Ph.D.,  
Professeur adjoint, Département de médecine de  
famille, Université de Sherbrooke,  
Directeur de la recherche, Centre de formation  
médicale du Nouveau-Brunswick,

Dr. Alier Marrero, MD. Neurologue,  
Réseau de Santé Vitalité,

Mathieu Mallet, B.Sc.Kin  
Centre de formation médical du Nouveau-Brunswick

**PROMOTEUR DU PROJET :** Université de Moncton, Université de Sherbrooke et  
Réseau de Santé Vitalité

### DÉCLARATION DE RESPONSABILITÉ

Le chercheur principal est responsable du déroulement du présent projet et s'engage à respecter les engagements qui y sont énoncés.

Signature du chercheur responsable du projet : \_\_\_\_\_

Initiales: \_\_\_\_\_

## **A. INTRODUCTION**

Nous sollicitons votre participation à un projet de recherche, car vous êtes atteint de sclérose en plaques. Avant d'accepter de participer, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent. Si vous acceptez de participer au projet de recherche, vous devrez signer le consentement à la fin du présent document et placer vos initiales au bas de chacune des pages.

Ce formulaire d'information et de consentement vous explique le but du projet de recherche, les procédures, les avantages, les risques et inconvénients, de même que les personnes avec qui communiquer au besoin. Il peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions nécessaires au chercheur responsable du projet ou aux autres personnes impliquées dans le projet de recherche. N'hésitez pas à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair.

## **B. OBJECTIFS DU PROJET DE RECHERCHE**

Objectif 1 : Quantifier les contributions cognitives nécessaires au maintien de l'équilibre chez les personnes atteintes de la sclérose en plaques et les personnes saines.

Objectif 2 : Identifier le risque de chutes chez les personnes atteintes de sclérose en plaques et saines, de même que les mécanismes responsables de celles-ci.

## **C. CRITÈRES D'INCLUSION**

- Être atteint de la sclérose en plaques (toutes formes confondues)
- 19 à 55 ans
- Score de l'EDSS moins que 4

## **D. CRITÈRES D'EXCLUSION**

- Être enceinte
- Perte totale de la vision et d'audition
- Troubles psychiatriques
- Autres troubles neurologiques ou musculaires qui ne sont pas reliés à la sclérose En plaques

## **E. NATURE DE MA PARTICIPATION**

Votre participation à ce projet de recherche se déroulera sur une période de 6 mois. Vous serez évalués au début de l'étude (première visite après que le formulaire de consentement ait été signé), 12 semaines après le début de l'étude et à 24 semaines (fin de l'étude). Si vous décidez d'y participer, voici comment l'étude va se dérouler.

Initiales: \_\_\_\_\_

- Un premier rendez-vous qui durera 120 minutes aura lieu avec un assistant de recherche. Celui-ci, révisera le formulaire de consentement avec vous et répondra à vos questions et par la suite le formulaire de consentement sera signé par le participant par son propre jugement. Ensuite, l'assistant de recherche vous fera passer plusieurs questionnaires et tests pour évaluer votre santé en générale et vos capacités motrices. Ces tests incluent l'évaluation de l'équilibre par la performance de 10 tâches fonctionnelles avec le test Fullerton Advanced Balance (FAB), quantifier votre peur par rapport aux chutes avec les 16 questions du Falls Efficacy Scale International (FES-I), votre capacité cognitive avec les 11 tâches du test Montreal Cognitive Assessment (MoCA) et la fatigue générale avec les 20 questions du Fatigue Scale for Motor and Cognitive Functions (FSMC). D'ailleurs, des tests de fonctions musculaires vont être faits, soit la force de préhension, de la flexion plantaire, de l'abduction de l'épaule et un questionnaire sur votre niveau de santé. Ces tests et questionnaires vont fournir de l'information sur des facteurs qui peuvent augmenter les risques de chutes. Par la suite, l'assistant de recherche vous demandera de vous tenir sur une plateforme de force. Pendant chaque essai, vous devrez vous tenir soit debout, en position tandem (un pied derrière l'autre) avec les yeux soit fermés, soit ouverts, et ce sans bouger pour une période de 60 secondes. Durant les essais, un stimulus sonore aléatoire sera produit et vous devriez y répondre le plus vite possible avec un déclencheur spécifique tenu dans votre main dominante. Entre chaque essai, vous aurez 60 secondes afin de vous dégourdir. Pour un total de 36 essais de 60 secondes.

- Les données recueillies seront converties en format numérique et gardées dans un ordinateur sous clé.

- À partir de votre premier rendez-vous, un calendrier vous sera remis pour une période de six mois. Ce dernier permettra de déterminer le nombre de chutes dans cette période. Pour la cause, une chute sera définie comme une situation où il existe un mouvement involontaire qui va causer une transition d'une position de haute à une position basse. La date et la cause de la chute doivent être détaillées le plus précisément possible.

- Lors des deuxième et troisième rendez-vous de l'étude (environ 75 minutes), l'assistant de recherche vous fera remplir les mêmes questionnaires, tests et les tâches sur la plateforme de force que lors de votre premier rendez-vous.

## **F. AVANTAGES POUVANT DÉCOULER DE MA PARTICIPATION**

Votre participation à cette étude permettra d'améliorer notre compréhension et nos connaissances sur les contributions cognitives, le contrôle de l'équilibre et des risques de chute chez les personnes atteintes de sclérose en plaques.

## **G. INCONVÉNIENTS ET RISQUES POUVANT DÉCOULER DE MA PARTICIPATION**

Cette section décrit les inconvénients, les inconforts et les risques que vous pouvez rencontrer en tant que conséquence directe de votre participation à notre étude.

Initiales: \_\_\_\_\_

### **a. Inconvénients**

Le principal inconvénient associé à votre participation est celui de donner de votre temps. Afin de faciliter votre participation et de réduire au minimum le temps que vous devrez consacrer à cette étude, nous allons programmer toutes les séances de collecte de données selon votre disponibilité. Vous pourrez également ressentir un léger niveau d'anxiété par le fait d'être évalué.

### **b. Risques**

Il n'y a pas de risques connus pour l'exécution de la tâche sur la plateforme de force. De la fatigue musculaire et des étourdissements peuvent être causés par les tâches demandées sur la plateforme de force.

## **H. INDEMNISATION EN CAS DE PRÉJUDICE**

Si vous devez subir quelque préjudice que soit par la suite de toute procédure reliée à l'étude, vous recevrez tous les soins médicaux nécessaires. En acceptant de participer à cette étude, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez les chercheurs ou les établissements en cause de leurs responsabilités légales et professionnelles.

## **I. PARTICIPATION VOLONTAIRE ET DROIT DE RETRAIT**

Il est entendu que votre participation au projet de recherche décrit ci-dessus soit tout à fait volontaire et que vous restiez, en tout temps, libre de mettre fin à votre participation sans avoir à motiver votre décision ni subir de préjudices de quelque nature que ce soit.

Votre décision de ne pas participer à ce projet de recherche ou de vous en retirer n'aura aucune conséquence sur la qualité des soins et des services auxquels vous avez droit ou sur vos relations avec le chercheur responsable du projet et les autres intervenants.

Toute nouvelle information qui pourrait influencer votre décision de poursuivre votre participation à cette étude vous sera communiquée sans délai.

## **J. ARRÊT DU PROJET OU RETRAIT DE PARTICIPATION PAR LE CHERCHEUR**

Les chercheurs responsables de l'étude peuvent mettre fin à votre participation, sans votre consentement, pour les raisons suivantes :

- si de nouveaux développements scientifiques survenaient indiquant qu'il est de votre intérêt de mettre terme à votre participation;
- si le chercheur responsable du projet pense que cela est dans votre intérêt;
- si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche;
- s'il existe des raisons administratives pour abandonner l'étude.

Initiales: \_\_\_\_\_

## **K. ACCÈS AU DOSSIER MÉDICAL OU AUTRES**

Afin de se renseigner sur la santé de nos sujets, votre autorisation est demandée pour recueillir l'information nécessaire de votre dossier médical. Seuls les assistants de recherche vont avoir accès à l'information que nous vous demandons. Ils vont être supervisés par les chercheurs principaux et le neurologue associés à ce projet. L'information demandée est des données générales sur votre historique médical (diagnostique de la sclérose en plaques, progression de la maladie) et les résultats de plusieurs tests cliniques qui sont performés durant les examens médicaux de routine.

## **L. COMPENSATIONS FINANCIÈRES**

Vous n'aurez rien à déboursier pour participer à ce projet de recherche. D'ailleurs, une compensation financière vous sera attribuée, soit une somme de 20 dollars pour couvrir les frais de stationnement.

## **M. PLAN DE DIFFUSION DE L'INFORMATION**

Les données recueillies seront utilisées à des fins de communications scientifiques et professionnelles seulement. Aucune donnée permettant de vous identifier personnellement ne sera divulguée lors de ces communications. Dans le cas de toute publication ou présentation résultant de la recherche, aucune information permettant l'identification des participants ne sera partagée.

## **N. CONFIDENTIALITÉ ET ANONYMAT**

Durant votre participation à ce projet, le chercheur responsable du projet ainsi que son personnel recueilleront et consigneront dans un dossier de recherche les renseignements vous concernant. Seuls les renseignements nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques de l'étude seront recueillis.

Tous les renseignements recueillis au cours du projet demeureront strictement confidentiels dans les limites prévues par la loi. Afin de préserver votre identité et la confidentialité de ces renseignements, vous ne serez identifié que par un code numérique. La clé du code reliant votre nom à votre dossier de recherche sera conservé par le chercheur responsable du projet de façon sécuritaire.

Les chercheurs de cette étude vont utiliser les données recueillies pour répondre aux objectifs de l'étude qui est décrite dans ce formulaire de consentement.

Pour vous assurer que les données recueillies à partir de votre information sont exactes, votre dossier de recherche pourrait être inspecté par une personne ou des personnes autorisées par le Comité d'éthique de la recherche du Réseau de Santé Horizon ou par des représentants du pouvoir public. Tous ces personnes et groupes sont liés par des politiques de confidentialité.

Initiales: \_\_\_\_\_

À des fins de protection, notamment afin de pouvoir communiquer avec vous rapidement, vos noms et prénoms, vos coordonnées ainsi que la date du début et de la fin de votre participation au projet seront conservés pendant cinq ans, après la fin du projet, dans un répertoire sécurisé par clé, maintenue par le chercheur. Nous tenons aussi à préciser que les évaluations utilisées dans le cadre de cette étude ne servent pas d'outils de diagnostic. Pour votre bien-être, il est possible qu'on vous invite à consulter un médecin suite à vos résultats. Cependant, nous n'allons pas transmettre vos résultats à votre médecin.

Vous avez le droit de consulter votre dossier de recherche pour vérifier les renseignements recueillis et les faire rectifier au besoin, et ce, aussi longtemps que le chercheur responsable du projet ou l'établissement détiennent ces informations. Cependant, afin de préserver l'intégrité scientifique de l'étude, vous pourriez n'avoir accès à certaines de ces informations qu'une fois l'étude terminée.

La confidentialité va être respectée. Aucune information sur votre identité ne va être divulguée ou publiée. D'ailleurs, les données recueillies seront conservées dans une base de données pour des études futures.

## **O. PERSONNES À CONTACTER**

Pour toute question ou demande d'information sur le projet, vous pouvez communiquer avec la personne suivante :

Grant Handrigan  
Université de Moncton

**Si vous avez des questions concernant vos droits en tant que participant à la recherche ou si vous souhaitez discuter de l'étude avec quelqu'un qui n'est pas relié à l'étude, vous pouvez communiquer avec le Bureau de l'éthique pour le Réseau de santé Vitalité.**

### **DÉCLARATION DU PARTICIPANT**

*Je déclare avoir eu suffisamment d'explications sur la nature et le déroulement du projet de recherche. J'ai lu et compris les termes du présent formulaire de consentement et j'en ai reçu un exemplaire. Je reconnais avoir été informé de façon suffisante sur la nature et le motif de ma participation au projet. J'ai eu l'occasion de poser des questions auxquelles on a répondu de façon satisfaisante.*

*J'accepte que les données de mon dossier médical soient conservées dans une base de données pour des recherches futures.* ☐ Oui ☐ Non

\_\_\_\_\_  
*Signature du participant*

\_\_\_\_\_  
*Date*

*Nom en caractères d'imprimerie :* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Signature du témoin*

\_\_\_\_\_  
*Date*

*Nom en caractères d'imprimerie :* \_\_\_\_\_

### **DÉCLARATION DU RESPONSABLE DE L'OBTENTION DU CONSENTEMENT**

*Je soussigné \_\_\_\_\_ certifie avoir expliqué au participant intéressé les conditions du présent formulaire, avoir répondu aux questions qu'il/elle m'a posées à cet égard, lui avoir clairement indiqué qu'il/elle reste, en tout temps, libre de mettre fin à sa participation au projet décrit ci-dessus.*

\_\_\_\_\_  
*Signature du responsable de l'obtention du consentement*

\_\_\_\_\_  
*Date*

*Nom en caractères d'imprimerie :* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Signature du témoin*

\_\_\_\_\_  
*Date*

*Nom en caractères d'imprimerie :* \_\_\_\_\_

*Fait à Moncton, le* \_\_\_\_\_



## Annexe 2: Formulaire de consentement pour participants SEP-Anglais



## CONSENT FORM

Experimental group

**TITLE OF RESEARCH PROJECT:** Development and validation of a falls predictive tool among people with multiple sclerosis

**PRINCIPAL INVESTIGATOR :** Grant Handrigan, Ph.D.  
Assistant Professor, École de kinésiologie et de loisir,  
Université de Moncton,

**CO-INVESTIGATORS:**

Mathieu Bélanger, Ph.D.,  
Assistant Professor,  
Département de médecine de famille, Université de Sherbrooke,  
Research director, Centre de formation médicale du Nouveau-Brunswick,

Dr. Alier Marrero, MD. Neurologist,  
Vitalité Health Network,

Mathieu Mallet, B.Sc.Kin  
Centre de formation médicale du Nouveau-Brunswick

**PROJECT SPONSOR:** Université de Moncton, Université de Sherbrooke and Vitalité Health Network

**DECLARATION OF RESPONSIBILITY:**

The principal investigator is responsible for the conduct of this project and agrees to fulfill the commitments contained herein.

Signature of investigator responsible for the project: \_\_\_\_\_

Initials: \_\_\_\_\_

## **A. INTRODUCTION**

You are being invited to take part in a research study which addresses individuals with multiple sclerosis. Prior to your decision about whether you consent to participate, please take the time to read, understand and carefully think about the following information. If you accept to take part in this research study, you will have to sign the consent form at the end of this document and to initial each page of the document.

In this Information and Consent Form, you will find explanations about the aims, the procedures, the risks and the advantages of the study as well as the names of people you may contact if needed. This document may contain information or words that you do not understand. You should ask a study investigator or members of the study staff to answer your questions and explain any word or information you do not understand.

## **B. OBJECTIVE OF THE RESEARCH PROJECT**

Objective 1: To quantify the cognitive contributions involved in balance control in people with multiple sclerosis and healthy individuals.

Objective 2: To identify fall risks and the potential mechanisms responsible for falls in people with multiple sclerosis and healthy individuals.

## **C. INCLUSION CRITERIA**

- Diagnosed with multiple sclerosis (all forms)
- 19 to 55
- EDSS score less than 4

## **D. EXCLUSION CRITERIA**

- Be pregnant
- Total vision and hearing loss
- Psychiatric Disorders
- Other neurological or muscular disorders unrelated to the MS diagnosis

## **E. NATURE OF MY PARTICIPATION**

Your participation in this research project will take place over a 6-month time frame. You will be evaluated at baseline (initial visit after consent form has been signed), midway through the study at 12 weeks, and at the end of the study (approximately 24 weeks). These sessions will be scheduled at your convenience. If you decide to participate in this study, here is the process of the events and procedures related to your participation.

- A first study appointment of approximately 120 minutes will take place with a research assistant who will provide you with information such as the consent form and answer all of your questions before you sign the consent form. The research assistant will guide you through the process. You will be asked to answer questionnaires and complete simple clinical tests to evaluate your general health

Initials: \_\_\_\_\_

and motor capabilities. These tests include the performance of 10 functional tasks with the Fullerton Advanced Balance (FAB) test, a quantification of your fear of falling with the 16 questions of the Falls Efficacy Scale International (FES- I) questionnaire, a measure of your cognitive ability with the 11 tasks of the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) test, and a measure of your general fatigue with the 20 questions of the Fatigue Scale for Motor and Cognitive Functions (FSMC) questionnaire. Moreover, muscle function tests will be performed to measure your grip strength, plantar flexion strength, and the strength of your shoulder abductor muscles. These questionnaires and clinical tests will provide important information concerning additional factors potentially influencing fall risks. After this, the research assistant will ask you to stand on a force plate. During each trial, you will have to stand as stable as possible for 60 seconds in two different positions. Simple upright standing on two legs and tandem stance (one leg in front of the other). These trials will be performed with your eyes open and also with your eyes closed. During the tests, an auditory signal will be randomly sounded. You will have to answer this signal as fast as possible by clicking on the trigger button placed in your dominant hand. Between each test, you will have 60 seconds to rest. There are a total of 36 tests with each trial lasting 60 seconds.

- The collected data will be digitized on a computer that will be kept in a locked room.
- At the beginning of the study (during the first appointment), you will be given a fall calendar. This calendar will be used by you daily to mark whether you experienced a fall or not. A fall is defined as a situation where there is an involuntary movement from a position of height to a lower position. If, or when, you fall, you are to describe as much detail as possible with regards to the context of the fall.
- The second and the third appointment, which will last approximately 75 minutes each, you will repeat the same procedures as the first visit. That is, the questionnaires, clinical tests and trials on the force plate described above.

## **F. POSSIBLE BENEFITS OF MY PARTICIPATION**

The information resulting from this study may help increase our knowledge about cognitive contributions to balance and fall risks in people with multiple sclerosis.

## **G. RISKS AND INCONVENIENCES POTENTIALLY RESULTING FROM MY PARTICIPATION**

This section describes the inconveniences, discomforts, and risks you may experience as a direct consequence of enrollment in this research study.

Initials: \_\_\_\_\_

### **a. Inconveniences**

The main inconvenience associated with your participation is that the amount of time you will donate to realize the study. To make sure the process is as simple as possible for you, we will schedule the appointments at your convenience. It is also possible that you feel a little anxious since we will be evaluating you.

### **b. Risks**

There are no additional risks for participating in this research study beyond the known risks for standing on a force plate. Muscle fatigue and dizziness may be caused by the required tasks on the force plate.

## **H. COMPENSATION IN CASE OF HARM**

If you were to suffer any harm resulting from any procedure related to the study, you will receive all necessary medical care. By agreeing to participate in this study, you waive none of your rights and do not release the investigators or institutions involved from their legal and professional responsibilities.

## **I. VOLUNTARY PARTICIPATION AND RIGHT TO WITHDRAW**

It is understood that your participation in the above mentioned research project is entirely voluntary, and that you remain, at all times, free to bring to an end your participation without having to give a motivated reason, and without suffering any prejudices of any kind.

If you decide not to participate or if you withdraw from the study once you have started, there will be no consequences on the quality of care and services in which you are entitled to or on your relationships with the researchers or other stakeholders involved.

Any new information that may influence your decision to maintain your participation will be communicated to you without delay.

## **J. HALTING OF THE PROJECT OR OF A PARTICIPANT'S INVOLVEMENT**

The study investigator may take you off the study without your consent at any time if:

- New scientific information shows that taking part in the study is not in your best interest;
- The principal researcher thinks that it is in your best interest;
- You do not follow the study instructions;
- The study must be stopped for any other reason.

Initials:\_\_\_\_\_

**K. ACCESS TO MEDICAL OR OTHER RECORDS**

For information on our participant's health, we ask for your authorization to collect necessary information from your medical records. The information we are asking your permission for will be accessed by a research assistant who is supervised by the principal investigator and the neurologist associated with this project. The information will include general information about your medical history (e.g., initial diagnosis, disease progression) and results of the various clinical tests that are performed during routine medical examinations.

**L. FINANCIAL COMPENSATION**

You will have to pay no expenses to participate in this study. You will receive a financial compensation of 20\$ to cover transportation and the parking fees associated with your participation in this study.

**M. INFORMATION DISSEMINATION PLAN**

The data collected will be used for scientific and professional communication purposes. In the case of any publication or presentation of the results, no information enabling your identification will be shared.

**N. CONFIDENTIALITY AND ANONYMITY**

While you take part in this research project, the study investigator and study staff will collect and record information about you in a research file. Only the information needed for research purposes will be collected.

All the information collected about you during the study will remain confidential as required by law. To protect your privacy, your information will be identified with a numerical code. The study investigator will keep the link between your identity and the code number in a secure manner.

The study investigator will use this data for research purposes in order to fulfill the scientific objectives of the study as described in this information and consent form.

To make sure the data collected from your information is accurate, your research record could be inspected by a person or persons authorized by the Research Ethics Board of the Horizon Health Network or the institution or by representatives of public authorities. All of these people and groups are bound by confidentiality policies.

For safety purposes, the study investigator will keep some of your personal information (name, address, phone number, time of participation, etc.) in a separate secured log for up to five years after the end of the study, in order to be able to contact you quickly if needed. We insist that the data collected will not be used for any diagnostic. In your best interest, following your results, we may invite you to consult a doctor. However, we will not provide

Initials:\_\_\_\_\_

the results to your doctor.

You have the right to examine your study records in order to check the information collected and to correct it if necessary. However, some of this information may be made available to you only once the study is complete.

Confidentiality will be respected. No information that discloses the identity of the participant will be released or published. Also, data collected will be saved in a database for future analyses.

## **O. CONTACT PERSONS**

If you have any questions about taking part in this study, please contact the individuals responsible for this study:

Grant Handrigan, Ph.D.  
Université de Moncton

**If you have questions about your rights as a research participant, or if you wish to discuss the study with someone who has no ties to the research, you may contact the Regional Ethics Office of the Vitalité Health Network.**

Initials:\_\_\_\_\_

**DECLARATION BY THE PARTICIPANT**

*I declare having received sufficient explanations on the nature and conduct of this research project. I have read and understood the terms of this consent form and have received a copy. I acknowledge having been sufficiently informed about the nature and reasons for my participation in the project. I have had the opportunity to ask questions, which were answered to my satisfaction.*

*I agree that the data of my medical record are stored in a database for future research.* ☐ Yes ☐ No

\_\_\_\_\_  
Signature of participant

\_\_\_\_\_  
Date

Name printed: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Signature of witness:

\_\_\_\_\_  
Date

Name printed: \_\_\_\_\_

**DECLARATION BY THE PERSON RESPONSIBLE FOR OBTAINING THE CONSENT**

*I, \_\_\_\_\_, undersigned, attest having explained the terms of this form to the prospective participant, having answered the prospective participant's questions, and having clearly indicated that the prospective participant is free to terminate participation in the above project at any time.*

\_\_\_\_\_  
Signature of person responsible for obtaining consent

\_\_\_\_\_  
Date

Name printed: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Signature of witness:

\_\_\_\_\_  
Date

Name printed: \_\_\_\_\_

Signed in Moncton, on \_\_\_\_\_



### Annexe 3: Formulaire de consentement pour participants sains-Français



## FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Groupe témoin

**TITRE DU PROJET :** Élaboration et validation d'un outil de prédiction des chutes chez les personnes atteintes de sclérose en plaques

**CHERCHEUR PRINCIPAL :** Grant Handrigan, Ph.D.  
Professeur adjoint, École de kinésiologie et de loisir.  
Université de Moncton

**CHERCHEURS ASSOCIÉS :**

Mathieu Bélanger, Ph. D.,  
Professeur adjoint, Département de médecine de  
famille, Université de Sherbrooke,  
Directeur de la recherche, Centre de formation  
médicale du Nouveau-Brunswick,

Dr. Alier Marrero, MD. Neurologue,  
Réseau de Santé Vitalité,

Mathieu Mallet, B.Sc.Kin  
Centre de formation médical du Nouveau-Brunswick

**PROMOTEUR DU PROJET :** Université de Moncton, Université de Sherbrooke et  
Réseau de Santé Vitalité

### DÉCLARATION DE RESPONSABILITÉ

Le chercheur principal est responsable du déroulement du présent projet et s'engage à respecter les engagements qui y sont énoncés.

Signature du chercheur responsable du projet : \_\_\_\_\_

Initiales: \_\_\_\_\_

## **A. INTRODUCTION**

Nous sollicitons votre participation à un projet de recherche, en tant que participant du groupe témoin (personne en santé et qui n'est pas atteint de la sclérose en plaques). Avant d'accepter de participer, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent. Si vous acceptez de participer au projet de recherche, vous devrez signer le consentement à la fin du présent document et placer vos initiales au bas de chacune des pages.

Ce formulaire d'information et de consentement vous explique le but du projet de recherche, les procédures, les avantages, les risques et inconvénients, de même que les personnes avec qui communiquer au besoin. Il peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions nécessaires au chercheur responsable du projet ou aux autres personnes impliquées dans le projet de recherche. N'hésitez pas à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair.

## **B. OBJECTIFS DU PROJET DE RECHERCHE**

Objectif 1 : Quantifier les contributions cognitives nécessaires au maintien de l'équilibre chez les personnes atteintes de la sclérose en plaques et les personnes saines.

Objectif 2 : Identifier le risque de chutes chez les personnes atteintes de sclérose en plaques et de personnes saines, de même que les mécanismes responsables de celles-ci.

## **C. CRITÈRES D'INCLUSION**

- 19 à 55 ans

## **D. CRITÈRES D'EXCLUSION**

- Être atteint de la sclérose en plaques
- Être enceinte
- Perte totale de la vision et d'audition
- Troubles psychiatriques
- Autres troubles neurologiques ou musculaires

## **E. NATURE DE MA PARTICIPATION**

Votre participation à ce projet de recherche se déroulera sur une période de 6 mois. Vous serez évalués au début de l'étude (première visite après que le formulaire de consentement ait été signé), 12 semaines après le début de l'étude et à 24 semaines (fin de l'étude). Si vous décidez d'y participer, voici comment l'étude va se dérouler.

Initiales:\_\_\_\_\_

- Un premier rendez-vous qui durera 120 minutes aura lieu avec un assistant de recherche. Celui-ci révisera le formulaire de consentement avec vous et répondra à vos questions et par la suite le formulaire de consentement sera signé par le participant par son propre jugement. Ensuite, l'assistant de recherche vous fera passer plusieurs questionnaires et tests, soit pour évaluer votre équilibre par la performance de 10 tâches fonctionnelles avec le test Fullerton Advanced Balance (FAB), quantifier votre peur par rapport aux chutes avec les 16 questions du Falls Efficacy Scale International (FES-I), votre capacité cognitive avec les 11 tâches du Montreal Cognitive Assessment (MoCA) et la fatigue générale avec les 20 questions du Fatigue Scale for Motor and Cognitive Functions (FSMC). D'ailleurs, des tests de fonctions musculaires vont être faits, soit la force de préhension, de la flexion plantaire, de l'abduction de l'épaule et un questionnaire sur votre niveau de santé. Ces tests et questionnaires vont fournir de l'information sur des facteurs qui peuvent augmenter les risques de chutes. Par la suite, l'assistant de recherche vous demandera de vous tenir sur une plateforme de force. Pendant chaque essai, vous devrez vous tenir soit debout, en position tandem (un pied derrière l'autre) avec les yeux soit fermés, soit ouverts, et ce sans bouger pour une période de 60 secondes. Durant les essais, un stimulus sonore aléatoire sera produit et vous devriez y répondre le plus vite possible avec un déclencheur spécifique tenu dans votre main dominante. Entre chaque essai, vous aurez 60 secondes afin de vous dégourdir. Pour un total de 36 essais de 60 secondes.

- Les données recueillies seront converties en format numérique et gardées dans un ordinateur sous clé.

- À partir de votre premier rendez-vous, un calendrier vous sera remis pour une période de six mois. Ce dernier permettra de déterminer le nombre de chutes dans cette période. Pour la cause, une chute sera définie comme une situation où il y a un mouvement involontaire qui va causer une transition d'une position haute à une position basse. La date et la cause de la chute doivent être détaillées le plus précisément possible.

- Lors des deuxième et troisième rendez-vous de l'étude (environ 75 minutes), l'assistant de recherche vous fera remplir les mêmes questionnaires et les mêmes tâches sur la plateforme de force que lors de votre premier rendez-vous.

## **F. AVANTAGES POUVANT DÉCOULER DE MA PARTICIPATION**

Votre participation à cette étude permettra d'améliorer notre compréhension et nos connaissances sur les contributions cognitives, le contrôle de l'équilibre et des risques de chute chez les personnes atteintes de la sclérose en plaques.

## **G. INCONVÉNIENTS ET RISQUES POUVANT DÉCOULER DE MA PARTICIPATION**

Cette section décrit les inconvénients, les inconforts et les risques que vous pouvez rencontrer en tant que conséquence directe de votre participation à notre étude.

Initiales: \_\_\_\_\_

### **a. Inconvénients**

Le principal inconvénient associé à votre participation est celui de donner de votre temps. Afin de faciliter votre participation et de réduire au minimum le temps que vous devrez consacrer à cette étude, nous allons programmer toutes les séances de collecte de données selon votre disponibilité. Vous pourrez également ressentir un léger niveau d'anxiété par le fait d'être évalué.

### **b. Risques**

Il n'y a pas de risques connus pour l'exécution de la tâche sur la plateforme de force. De la fatigue musculaire et des étourdissements peuvent être causés par les tâches demandées sur la plateforme de force.

## **H. INDEMNISATION EN CAS DE PRÉJUDICE**

Si vous devez subir quelque préjudice que ce soit par la suite de toute procédure reliée à l'étude, vous recevrez tous les soins médicaux nécessaires. En acceptant de participer à cette étude, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez les chercheurs ou les établissements en cause de leurs responsabilités légales et professionnelles.

## **I. PARTICIPATION VOLONTAIRE ET DROIT DE RETRAIT**

Il est entendu que votre participation au projet de recherche décrit ci-dessus soit tout à fait volontaire et que vous restiez, en tout temps, libre de mettre fin à votre participation sans avoir à motiver votre décision ni subir de préjudices de quelque nature que ce soit.

Votre décision de ne pas participer à ce projet de recherche ou de vous en retirer n'aura aucune conséquence sur la qualité des soins et des services auxquels vous avez droit ou sur vos relations avec le chercheur responsable du projet et les autres intervenants.

Toute nouvelle information qui pourrait influencer votre décision de poursuivre votre participation à cette étude vous sera communiquée sans délai.

## **J. ARRÊT DU PROJET OU RETRAIT DE PARTICIPATION PAR LE CHERCHEUR**

Les chercheurs responsables de l'étude peuvent mettre fin à votre participation, sans votre consentement, pour les raisons suivantes :

- si de nouveaux développements scientifiques survenaient indiquant qu'il est de votre intérêt de mettre terme à votre participation;
- si le chercheur responsable du projet pense que cela est dans votre intérêt;
- si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche;
- s'il existe des raisons administratives pour abandonner l'étude.

Initiales: \_\_\_\_\_

## **K. ACCÈS AU DOSSIER MÉDICAL OU AUTRES**

En tant que sujet qui fait partie du groupe témoin pour ce projet, nous n'avons pas accès à votre dossier médical.

## **L. COMPENSATIONS FINANCIÈRES**

Vous n'aurez rien à déboursier pour participer à ce projet de recherche. D'ailleurs, une compensation financière vous sera attribuée, soit une somme de 20 dollars pour couvrir les frais de stationnement.

## **M. PLAN DE DIFFUSION DE L'INFORMATION**

Les données recueillies seront utilisées à des fins de communication scientifique et professionnelle seulement. Aucune donnée permettant de vous identifier personnellement ne sera divulguée lors de ces communications. Dans le cas de toute publication ou présentation résultant de la recherche, aucune information permettant l'identification des participants ne sera partagée.

## **N. CONFIDENTIALITÉ ET ANONYMAT**

Durant votre participation à ce projet, le chercheur responsable du projet ainsi que son personnel recueilleront et consigneront dans un dossier de recherche les renseignements vous concernant. Seuls les renseignements nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques de l'étude seront recueillis.

Tous les renseignements recueillis au cours du projet demeureront strictement confidentiels dans les limites prévues par la loi. Afin de préserver votre identité et la confidentialité de ces renseignements, vous ne serez identifié que par un code numérique. La clé du code reliant votre nom à votre dossier de recherche sera conservée par le chercheur responsable du projet de façon sécuritaire.

Les chercheurs de cette étude vont utiliser les données recueillies pour répondre aux objectifs de l'étude qui est décrite dans ce formulaire de consentement.

Pour vous assurer que les données recueillies à partir de votre information sont exactes, votre dossier de recherche pourrait être inspecté par une personne ou des personnes autorisées par le Comité d'éthique de la recherche du Réseau de Santé Horizon ou par des représentants du pouvoir public. Tous ces personnes et groupes sont liés par des politiques de confidentialité.

À des fins de protection, notamment afin de pouvoir communiquer avec vous rapidement, vos noms et prénoms, vos coordonnées ainsi que la date du début et de la fin de votre participation au projet seront conservés pendant cinq ans, après la fin du projet, dans un répertoire sécurisé par clé, maintenue par le chercheur. Nous tenons aussi à préciser que les évaluations utilisées dans le cadre de cette étude ne servent pas d'outils de diagnostic.

Initiales: \_\_\_\_\_

Pour votre bien-être, il est possible qu'on vous invite à consulter un médecin suite à vos résultats. Cependant, nous n'allons pas transmettre vos résultats à votre médecin.

Vous avez le droit de consulter votre dossier de recherche pour vérifier les renseignements recueillis et les faire rectifier au besoin, et ce, aussi longtemps que le chercheur responsable du projet ou l'établissement détiennent ces informations. Cependant, afin de préserver l'intégrité scientifique de l'étude, vous pourriez n'avoir accès à certaines de ces informations qu'une fois l'étude terminée.

La confidentialité va être respectée. Aucune information sur votre identité ne va être divulguée ou publiée. D'ailleurs, les données recueillies seront conservées dans une base de données pour des études futures.

## **O. PERSONNES À CONTACTER**

Pour toute question ou demande d'information sur le projet, vous pouvez communiquer avec la personne suivante :

Grant Handrigan  
Université de Moncton

**Si vous avez des questions concernant vos droits en tant que participant à la recherche ou si vous souhaitez discuter de l'étude avec quelqu'un qui n'est pas relié à l'étude, vous pouvez communiquer avec le Bureau de l'éthique pour le Réseau de santé Vitalité.**

Initiales: \_\_\_\_\_

### **DÉCLARATION DU PARTICIPANT**

*Je déclare avoir eu suffisamment d'explications sur la nature et le déroulement du projet de recherche. J'ai lu et compris les termes du présent formulaire de consentement et j'en ai reçu un exemplaire. Je reconnais avoir été informé de façon suffisante sur la nature et le motif de ma participation au projet. J'ai eu l'occasion de poser des questions auxquelles on a répondu de façon satisfaisante.*

*J'accepte que les données de mon dossier médical soient conservées dans une base de données pour des recherches futures.* ☐ Oui ☐ Non

\_\_\_\_\_  
*Signature du participant*

\_\_\_\_\_  
*Date*

*Nom en caractères d'imprimerie :* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Signature du témoin*

\_\_\_\_\_  
*Date*

*Nom en caractères d'imprimerie :* \_\_\_\_\_

### **DÉCLARATION DU RESPONSABLE DE L'OBTENTION DU CONSENTEMENT**

*Je soussigné \_\_\_\_\_ certifie avoir expliqué au participant intéressé les conditions du présent formulaire, avoir répondu aux questions qu'il/elle m'a posées à cet égard, lui avoir clairement indiqué qu'il/elle reste, en tout temps, libre de mettre fin à sa participation au projet décrit ci-dessus.*

\_\_\_\_\_  
*Signature du responsable de l'obtention du consentement*

\_\_\_\_\_  
*Date*

*Nom en caractères d'imprimerie :* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Signature du témoin*

\_\_\_\_\_  
*Date*

*Nom en caractères d'imprimerie :* \_\_\_\_\_

*Fait à Moncton, le* \_\_\_\_\_



#### Annexe 4: Formulaire de consentement pour participants sains-Anglais



## CONSENT FORM

Control group

**TITLE OF RESEARCH PROJECT:** Development and validation of a falls predictive tool among people with multiple sclerosis

**PRINCIPAL INVESTIGATOR :** Grant Handrigan, Ph.D.  
Assistant Professor, École de kinésiologie et de loisir,  
Université de Moncton,

**CO-INVESTIGATORS:** Mathieu Bélanger, Ph. D.,  
Assistant Professor,  
Département de médecine de famille, Université de Sherbrooke,  
Research director, Centre de formation médicale du Nouveau-Brunswick,

Dr. Alier Marrero, MD. Neurologist,  
Vitalité Health Network,

Mathieu Mallet, B.Sc.Kin  
Centre de formation médicale du Nouveau-Brunswick

**PROJECT SPONSOR:** Université de Moncton, Université de Sherbrooke  
and Vitalité Health Network

### DECLARATION OF RESPONSIBILITY:

The principal investigator is responsible for the conduct of this project and agrees to fulfill the commitments contained herein.

Signature of investigator responsible for the project: \_\_\_\_\_

Initials: \_\_\_\_\_

## **A. INTRODUCTION**

You are being invited to take part in a research study which addresses individuals with multiple sclerosis healthy individuals. Prior to your decision about whether you consent to participate, please take the time to read, understand and carefully think about the following information. If you accept to take part in this research study, you will have to sign the consent form at the end of this document and to initial each page of the document.

In this Information and Consent Form, you will find explanations about the aims, the procedures, the risks and the advantages of the study as well as the names of people you may contact if needed. This document may contain information or words that you do not understand. You should ask a study investigator or members of the study staff to answer your questions and explain any word or information you do not understand.

## **B. OBJECTIVE OF THE RESEARCH PROJECT**

Objective 1: To quantify the cognitive contributions involved in balance control in people with multiple sclerosis and healthy individuals.

Objective 2: To identify the fall risks and the mechanism responsible for it in people with multiple sclerosis and healthy individuals.

## **C. INCLUSION CRITERIA**

- 19 to 55

## **D. EXCLUSION CRITERIA**

- Diagnosed with multiple sclerosis
- Be pregnant
- Total loss of vision and hearing
- Psychiatric Disorders
- Other neurological or muscular disorders

## **E. NATURE OF MY PARTICIPATION**

Your participation in this research project will take place in a 6-month time frame. You will be evaluated at baseline (initial visit after consent form has been signed), midway through the study at 12 weeks, and at the end of the study (24 weeks). If you decide to participate in this study, here is the process of the events and procedures related to your participation.

- A first study appointment of approximately 120 minutes will take place with a research assistant who will provide you with information of the consent form and answer to all of your questions before you sign the consent form. The research assistant will guide you through the process. You will be asked to answer questionnaires and complete simple clinical tests to evaluate your general health and motor capabilities. These tests include the performance of 10 functional tasks

Initials: \_\_\_\_\_

with the Fullerton Advanced Balance (FAB) test, quantify your fear of falls with the 16 questions of the Falls Efficacy Scale International (FES- I) questionnaire, your cognitive ability with the 11 tasks of the Montreal cognitive Assessment (MoCA) test and general fatigue with the 20 questions of the Fatigue Scale for Motor and Cognitive Functions (FSMC) questionnaire. Moreover, muscle function tests will be made with grip strength, plantarflexion strength and the strength of your abduction of the shoulder. These questionnaires and clinical tests will provide important information concerning additional factors potentially influencing fall risks. After this, the research assistant will ask you to stand on a force plate. During each trial, you will have to stand as stable as possible for 60 seconds in an upstand and tandem (one leg in front of the other). These trials will be performed with your eyes open and also with your eyes closed. During the tests, an auditory signal will be sounded occasionally. You will have to answer this signal as fast as possible by clicking on the trigger button placed in your dominant hand. Between each test, you will have 60 seconds to rest. For a total of 36 tests with each trial lasting 60 seconds.

- The collected data will be digitized on a computer that will be kept in a locked room.
- At the beginning of the study (during the first appointment), you will be given a fall calendar. This calendar be used by you to mark daily whether you experienced a fall or not. A fall is defined as a situation where there is an involuntary movement from a position of height to a lower position. If, or when, you fall, you are to describe as much detail as possible with regards to the context of the fall.
- The second and the third appointment, which will last approximately 75 minutes each, you will repeat the same procedures as the first visit. That is, the questionnaires, clinical tests and trials on the force plate described above.

## **F. POSSIBLE BENEFITS OF MY PARTICIPATION**

The information resulting from this study may help increase our knowledge about cognitive contributions to balance and fall risks in people with multiple sclerosis.

## **G. RISKS AND INCONVENIENCES POTENTIALLY RESULTING FROM MY PARTICIPATION**

This section describes the inconveniences, discomforts, and risks you may experience as a direct consequence of enrollment in this research study.

### **a. Inconveniences**

The main inconvenience associated with your participation is that a donation of your time will be required to realize the study. To make sure the process is as simple as possible for

Initials:\_\_\_\_\_

you, we will schedule the appointments at your convenience. It is also possible that you feel a little anxious since we will be evaluating.

#### **b. Risks**

There are no additional risks for participation in this research study beyond the known risks for standing on a force plate. Muscle fatigue and dizziness may be caused by the required tasks on the force plate.

### **H. COMPENSATION IN CASE OF HARM**

If you were to suffer any harm resulting from any procedure related to the study, you will receive all necessary medical care. By agreeing to participate in this study, you waive none of your rights and do not release the investigators or institutions involved from their legal and professional responsibilities.

### **I. VOLUNTARY PARTICIPATION AND RIGHT TO WITHDRAW**

It is understood that your participation in the above mentioned research project is entirely voluntary, and that you remain, at all times, free to bring to an end your participation without having to give a motivated reason, and without suffering any prejudices of any kind.

If you decide not to participate or if you withdraw from the study once you have started, there will be no consequences on the quality of care and services in which you are entitled to or on your relationships with the researchers or other stakeholders involved.

Any new information that may influence your decision to maintain your participation will be communicated to you without delay.

### **J. HALTING OF THE PROJECT OR OF A PARTICIPANT'S INVOLVEMENT**

The study investigator may take you off the study without your consent at any time if:

- New scientific information shows that taking part in the study is not in your best interest;
- The principal researcher thinks that it is in your best interest;
- You do not follow the study instructions;
- The study must be stopped for any other reason.

### **K. ACCESS TO MEDICAL OR OTHER RECORDS**

As part of the control group for this subject your medical records will not be accessed.

Initials:\_\_\_\_\_

**L. FINANCIAL COMPENSATION**

You will have to pay no expenses to participate in this study. You will receive a financial compensation of 20\$ to cover transportation and the parking fees associated your participation in this study.

**M. INFORMATION DISSEMINATION PLAN**

The data collected will be used for scientific and professional communication purposes. In the case of any publication or presentation of the results, no information enabling your identification will be shared.

**N. CONFIDENTIALITY AND ANONYMITY**

While you take part in this research project, the study investigator and study staff will collect and record information about you in a research file. Only the information needed for research purposes will be collected.

All the information collected about you during the study will remain confidential as required by law. To protect your privacy, your information will be identified with a numerical code. The study investigator will keep the link between your identity and the code number in a secure manner.

The study investigator will use this data for research purposes in order to fulfill the scientific objectives of the study as described in this information and consent form.

To make sure the data collected from your information is accurate, your research record could be inspected by a person or persons authorized by the Research Ethics Board of the Horizon Health Network or the institution or by representatives of public authorities. All of these people and groups are bound by confidentiality policies.

For safety purposes, the study investigator will keep some of your personal information (name, address, phone number, time of participation, etc.) in a separate secured log for up to five years after the end of the study, in order to be able to contact you quickly if needed. We insist that the data collected won't be used for any diagnostic. In your best interest, following your results, we may invite you to consult a doctor. However, we will not provide the results to your doctor.

You have the right to examine your study records in order to check the information collected and to correct it if necessary. However, some of this information may be made available to you only once the study is complete.

Confidentiality will be respected. No information that discloses the identity of the participant will be released or published. Also, data collected will be saved in a data base for further researches.

Initials: \_\_\_\_\_

**O. CONTACT PERSONS**

If you have any questions about taking part in this study, please contact the individuals responsible for this study:

Grant Handrigan, Ph.D.  
Université de Moncton

**If you have questions about your rights as a research participant, or if you wish to discuss the study with someone who has no ties to the research, you may contact the Regional Ethics Office of the Vitalité Health Network.**

Initials:\_\_\_\_\_

**DECLARATION BY THE PARTICIPANT**

*I declare having received sufficient explanations on the nature and conduct of this research project. I have read and understood the terms of this consent form and have received a copy. I acknowledge having been sufficiently informed about the nature and reasons for my participation in the project. I have had the opportunity to ask questions, which were answered to my satisfaction.*

*I agree that the data of my medical record are stored in a database for future research.* ☐ Yes ☐ No

\_\_\_\_\_  
Signature of participant

\_\_\_\_\_  
Date

Name printed: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Signature of witness:

\_\_\_\_\_  
Date

Name printed: \_\_\_\_\_

**DECLARATION BY THE PERSON RESPONSIBLE FOR OBTAINING THE CONSENT**

*I, \_\_\_\_\_, undersigned, attest having explained the terms of this form to the prospective participant, having answered the prospective participant's questions, and having clearly indicated that the prospective participant is free to terminate participation in the above project at any time.*

\_\_\_\_\_  
Signature of person responsible for obtaining consent

\_\_\_\_\_  
Date

Name printed: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Signature of witness:

\_\_\_\_\_  
Date

Name printed: \_\_\_\_\_

Signed in Moncton, on \_\_\_\_\_



## Annexe 5: Questionnaire général-Français

### Questionnaire

Nom : \_\_\_\_\_

Âge : \_\_\_\_\_

Sexe : \_\_\_\_\_

Taille (cm): \_\_\_\_\_

Poids (kg): \_\_\_\_\_

IMC: \_\_\_\_\_

Maladies:

Maladies chroniques : \_\_\_\_\_

Problèmes visuels : \_\_\_\_\_

Autres problèmes neurologiques : \_\_\_\_\_

Maladies musculaires ou osseuses : \_\_\_\_\_

Maladies cardiaques : \_\_\_\_\_

Problèmes de colonne vertébrale ou pieds : \_\_\_\_\_

Médicaments

Type : \_\_\_\_\_

Changements de prescription dans les derniers trois mois : \_\_\_\_\_

Activités physiques

Type : \_\_\_\_\_

Nombre d'heures par semaine : \_\_\_\_\_

Intensité : \_\_\_\_\_

Nombre de chutes dans les derniers six mois. \_\_\_\_\_

## Annexe 6: Questionnaire général-Anglais

**Questionnaire**

Name: \_\_\_\_\_

Age: \_\_\_\_\_

Gender: \_\_\_\_\_

Height (cm): \_\_\_\_\_

Weight (kg): \_\_\_\_\_

BMI: \_\_\_\_\_

Diseases:

Chronic diseases: \_\_\_\_\_

Eye diseases: \_\_\_\_\_

Neurologic diseases: \_\_\_\_\_

Muscular or bone diseases: \_\_\_\_\_

Cardiovascular diseases: \_\_\_\_\_

Spine or foot diseases: \_\_\_\_\_

Medication:

Type: \_\_\_\_\_

Prescription change in the last three months: \_\_\_\_\_

Physical activity:

Type: \_\_\_\_\_

Number of hours per week: \_\_\_\_\_

Intensity: \_\_\_\_\_

Number of falls in the last six months: \_\_\_\_\_

## Annexe 7: MoCA-Français

**Document retiré pour respect du droit d'auteur**

## Annexe 8: MoCA-Anglais

**Document retiré pour respect du droit d'auteur**



## Annexe 9: Grille d'évaluation du FAB

## Scoring Form for Fullerton Advanced Balance (FAB) Scale

Name: \_\_\_\_\_

Date of Test: \_\_\_\_\_

### 1. Stand with feet together and eyes closed

- ( ) 0 Unable to obtain the correct standing position independently
- ( ) 1 Able to obtain the correct standing position independently but unable to maintain the position or keep the eyes closed for more than 10 seconds
- ( ) 2 Able to maintain the correct standing position with eyes closed for more than 10 seconds but less than 30 seconds
- ( ) 3 Able to maintain the correct standing position with eyes closed for 30 seconds but requires close supervision
- ( ) 4 Able to maintain the correct standing position safely with eyes closed for 30 seconds

### 2. Reach forward to retrieve an object (pencil) held at shoulder height with outstretched arm

- ( ) 0 Unable to reach the pencil without taking more than two steps
- ( ) 1 Able to reach the pencil but needs to take two steps
- ( ) 2 Able to reach the pencil but needs to take one step
- ( ) 3 Can reach the pencil without moving the feet but requires supervision
- ( ) 4 Can reach the pencil safely and independently without moving the feet

### 3. Turn 360 degrees in right and left directions

- ( ) 0 Needs manual assistance while turning
- ( ) 1 Needs close supervision or verbal cueing while turning
- ( ) 2 Able to turn 360 degrees but takes more than four steps in both directions
- ( ) 3 Able to turn 360 degrees but unable to complete in four steps or fewer in one direction
- ( ) 4 Able to turn 360 degrees safely taking four steps or fewer in both directions

**\*4. Step up onto and over a 6-inch bench**

- ( ) 0 Unable to step up onto the bench without loss of balance or manual assistance
- ( ) 1 Able to step up onto the bench with leading leg, but trailing leg contacts the bench or leg swings around the bench during the swing-through phase in both directions
- ( ) 2 Able to step up onto the bench with leading leg, but trailing leg contacts the bench or swings around the bench during the swing-through phase in one direction
- ( ) 3 Able to correctly complete the step up and over in both directions but requires close supervision in one or both directions
- ( ) 4 Able to correctly complete the step up and over in both directions safely and independently

**\*5. Tandem walk**

- ( ) 0 Unable to complete 10 steps independently
- ( ) 1 Able to complete the 10 steps with more than five interruptions
- ( ) 2 Able to complete the 10 steps with three to five interruptions
- ( ) 3 Able to complete the 10 steps with one to two interruptions
- ( ) 4 Able to complete the 10 steps independently and with no interruptions

**\*6. Stand on one leg**

- ( ) 0 Unable to try or needs assistance to prevent falling
- ( ) 1 Able to lift leg independently but unable to maintain position for more than 5 seconds
- ( ) 2 Able to lift leg independently and maintain position for more than 5 but less than 12 seconds
- ( ) 3 Able to lift leg independently and maintain position for 12 or more seconds but less than 20 seconds
- ( ) 4 Able to lift leg independently and maintain position for the full 20 seconds

**\*7. Stand on foam with eyes closed**

- ( ) 0 Unable to step onto foam or maintain standing position independently with eyes open
- ( ) 1 Able to step onto foam independently and maintain standing position but unable or unwilling to close eyes
- ( ) 2 Able to step onto foam independently and maintain standing position with eyes closed for 10 seconds or less
- ( ) 3 Able to step onto foam independently and maintain standing position with eyes closed for more than 10 seconds but less than 20 seconds
- ( ) 4 Able to step onto foam independently and maintain standing position with eyes closed for 20 seconds

**Do not introduce test item #8 if test item #4 was not performed safely and/or it is contraindicated to perform this test item (review test administration instructions for contraindications). Score a zero and move to next test item.**

**8. Two-footed jump**

- ( ) 0 Unwilling or unable to attempt or attempts to initiate two-footed jump, but one or both feet do not leave the floor
- ( ) 1 Able to initiate two-footed jump, but one foot either leaves the floor or lands before the other
- ( ) 2 Able to perform two-footed jump, but unable to jump farther than the length of their own feet
- ( ) 3 Able to perform two-footed jump and achieve a distance greater than the length of their own feet
- ( ) 4 Able to perform two-footed jump and achieve a distance greater than twice the length of their own feet

**9. Walk with head turns**

- ( ) 0 Unable to walk 10 steps independently while maintaining 30° head turns at an established pace
- ( ) 1 Able to walk 10 steps independently but unable to complete required number of 30° head turns at an established pace
- ( ) 2 Able to walk 10 steps but veers from a straight line while performing 30° head turns at an established pace
- ( ) 3 Able to walk 10 steps in a straight line while performing 30° head turns at an established pace but head turns less than 30° in one or both directions
- ( ) 4 Able to walk 10 steps in a straight line while performing required number of 30° head turns at established pace

**10. Reactive postural control**

- ( ) 0 Unable to maintain upright balance; no observable attempt to step; requires manual assistance to restore balance
- ( ) 1 Unable to maintain upright balance; takes two or more steps and requires manual assistance to restore balance
- ( ) 2 Unable to maintain upright balance; takes more than two steps but is able to restore balance independently
- ( ) 3 Unable to maintain upright balance; takes two steps but is able to restore balance independently
- ( ) 4 Unable to maintain upright balance but able to restore balance independently with only one step

**TOTAL:    /40 POINTS**

**Evaluating Risk for Falls:**

**Long Form Fullerton Advanced Balance (FAB) scale Cut-Off Score: ≤ 25/40 Points**

Short-Form Fullerton Advanced Balance (FAB) scale Cut-Off Score: ≤ 9/16 Points

## Annexe 10: FES-I-Français

		Pas du tout concerné 1	Quelque peu concerné 2	Tout à fait concerné 3	Vraiment concerné 4
1	Nettoyage de la maison (par exemple, le balayage)				
2	S'habiller ou se déshabiller				
3	Préparation des repas				
4	Prendre un bain ou une douche				
5	Faire des emplettes				
6	S'asseoir ou se relever d'une chaise				
7	Monter ou descendre les escaliers				
8	Marcher dans le quartier				
9	Atteindre un objet au-dessus de votre tête ou sur le sol				
10	Répondre au téléphone avant qu'il ne cesse de sonner				
11	Marcher sur une surface glissante (glacée ou mouillée)				
12	Visiter un ami ou un parent				
13	Marcher dans une foule				
14	Marcher sur une surface inégale (par exemple, un sol rocheux)				
15	Monter ou descendre une pente				
16	Sortir à un événement social (Par exemple, le service religieux ou réunion de famille)				
Total des catégories					
Total					

## Annexe 11: FES-I-Anglais



		Not at all concerned 1	Somewhat concerned 2	Fairly concerned 3	Very concerned 4
1	Cleaning the house (e.g. sweep, vacuum, dust)				
2	Getting dressed or undressed				
3	Preparing simple meals				
4	Taking a bath or shower				
5	Going to the shop				
6	Getting in or out of a chair				
7	Going up or down stairs				
8	Walking around in the neighborhood				
9	Reaching for something above your head or on the ground				
10	Going to answer the telephone before it stops ringing				
11	Walking on a slippery surface (e.g. wet or icy)				
12	Visiting a friend or relative				
13	Walking in a place with crowds				
14	Walking on an uneven surface (e.g. rocky ground, poorly maintained pavement)				
15	Walking up or down a slope				
16	Going out to a social event (e.g. religious service, family gathering, or club meeting)				
<b>Sub Total</b>					
<b>TOTAL</b>					<b>/64</b>

## Annexe 12: FSMC

## Fatigue Scale for Motor and Cognitive Functions

Initials: \_\_\_\_\_

Age: \_\_\_\_\_

Sex: m ☐ f ☐

### Instructions

The following questionnaire is about problems in everyday life which are directly associated with an extreme form of tiredness (fatigue). This extreme form of tiredness refers to an overwhelming state of lethargy, exhaustion and lack of energy which comes on abruptly and is unrelated to any obvious external causes. It does not mean the sort of isolated episodes which everyone might experience in the course of the day, after exertion, or after a sleepless night!

Please read each statement carefully. Then decide to what extent each statement applies to you and your everyday life. Please try not to base your answers on the way you are feeling at the moment; instead try to give us a picture of the way you feel in normal day-to-day life. Please put a cross in the appropriate circle (only one cross per statement please!).

	Does not apply at all	Does not apply much	Slightly applies	Applies a lot	Applies comple- tely
1. When I concentrate for a long time, I get exhausted sooner than other people of my age.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. When I am experiencing episodes of exhaustion, my movements become noticeably clumsier and less coordinated.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Because of my episodes of exhaustion, I now need more frequent and/or longer rests during physical activity than I used to.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. When I am experiencing episodes of exhaustion, I am incapable of making decisions.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. When faced with stressful situations, I now find that I get physically exhausted quicker than I used to.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Because of my episodes of exhaustion, I now have considerably less social contact than I used to.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Because of my episodes of exhaustion, I now find it more difficult to learn new things than I used to.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*Please turn over*

FSMC-cog = \_\_\_\_\_ FSMC-mot = \_\_\_\_\_ **FSMC total** = \_\_\_\_\_

	Does not apply at all	Does not apply much	Slightly applies	Applies a lot	Applies comple- tely
8. The demands of my work exhaust me mentally more quickly than they used to.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. I feel the episodes of exhaustion particularly strongly in my muscles.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. I no longer have the stamina for long periods of physical activity that I used to have.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11. My powers of concentration decrease considerably when I'm under stress.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12. When I am experiencing episodes of exhaustion, I am less motivated than others to start activities that involve physical effort.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13. My thinking gets increasingly slow when it is hot.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
14. When I am experiencing an episode of exhaustion, my movements become noticeably slower.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15. Because of my episodes of exhaustion, I now feel less like doing things which require concentration.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
16. When an episode of exhaustion comes on, I am simply no longer able to react quickly.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17. When I am experiencing episodes of exhaustion, certain words simply escape me.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
18. When I am experiencing episodes of exhaustion, I lose concentration considerably quicker than I used to.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
19. When it is hot, my main feeling is one of extreme physical weakness and lack of energy.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
20. During episodes of exhaustion, I am noticeably more forgetful.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Please make sure that you have written down your initials, age and sex on page 1 and have put a cross by each statement. Thank you.

### Annexe 13 : Script temps de réaction

```
/* Code créé par Emmanuel Thompson, janvier 2016
 * Modifié par Jean-Philippe Cyr, juin 2016
 */

// declaration des pins
//Speaker
int piezoSpeakers = 11;
const int piezoSpeaker_indicator = 12;

//Témoins lumineux
const int speakerLED = 6;
const int headphoneLED = 5;

//Écouteurs (gauche + droite)
const int HeadphoneRight = 10;
const int HeadphoneRight_indicator = 13;

const int HeadphoneLeft = 9;
const int HeadphoneLeft_indicator = 14;

//Variable représentant un nombre aléatoire utile pour la randomisation (oreille gauche ou droite)
long randomNumber;

// Speaker on
const int SPEAKER_DELAY = 300;

// random delay en ms
const int DMIN = 1000 * 2;
```

```

const int DMAX = 1000 * 8;

void setup() {
  pinMode(piezoSpeakers, OUTPUT);
  pinMode(piezoSpeaker_indicator, OUTPUT);
  pinMode(speakerLED, OUTPUT);

  pinMode(HeadphoneRight, OUTPUT);
  pinMode(HeadphoneRight_indicator, OUTPUT);

  pinMode(headphoneLED, OUTPUT);

  pinMode(HeadphoneLeft, OUTPUT);
  pinMode(HeadphoneLeft_indicator, OUTPUT);

  Serial.begin(9600);
}

void speaker() {

  //start speaker

  // valeur max analogWrite = 255. On multiplie donc par un facteur moindre afin d'obtenir le
  volume désiré

  analogWrite(piezoSpeakers, 255*0.2);
  digitalWrite(piezoSpeaker_indicator, HIGH);

  //durée du son, en ms
  delay(1000*0.25);

```

```
// stop speaker
analogWrite(piezoSpeakers, 0);
digitalWrite(piezoSpeaker_indicator, LOW);
}

void HeadphoneR() {

    //start HeadphoneRight
    analogWrite(HeadphoneRight, 255*0.004);
    digitalWrite(HeadphoneRight_indicator, HIGH);

    delay(SPEAKER_DELAY);

    // stop HeadphoneRight
    analogWrite(HeadphoneRight, 0);
    digitalWrite(HeadphoneRight_indicator, LOW);
}

void HeadphoneL() {

    //start HeadphoneLeft
    analogWrite(HeadphoneLeft, 255*0.004);
    digitalWrite(HeadphoneLeft_indicator, HIGH);

    delay(SPEAKER_DELAY);

    // stop HeadphoneLeft
    analogWrite(HeadphoneLeft, 0);
    digitalWrite(HeadphoneLeft_indicator, LOW);
```



```

}

void loop() {
  Serial.println("Entrez 's' pour speaker, ou 'h' pour headphone.");
  delay(2000);
  //Vérifier si le périphérique est bien connecté
  if (Serial.available() > 0)
  {

    //Moniteur de série en attente de la commande
    char letter = Serial.read();

    if (letter == 's')
    {

      digitalWrite(speakerLED, HIGH);

      speaker();
      delay(random(DMIN, DMAX));

      speaker();
      delay(random(DMIN, DMAX));

      speaker();
      delay(random(DMIN, DMAX));

      speaker();
      delay(random(DMIN, DMAX));
    }
  }
}

```

```
speaker();  
delay(random(DMIN, DMAX));
```

```
speaker();  
delay(random(DMIN, DMAX));
```

```
speaker();  
delay(random(DMIN, DMAX));
```

```
speaker();  
delay(random(DMIN, DMAX));
```

```
speaker();  
delay(random(DMIN, DMAX));
```

```
speaker();  
delay(random(DMIN, DMAX));
```

```
speaker();  
delay(random(DMIN, DMAX));
```

```
speaker();  
delay(random(DMIN, DMAX));
```

```
speaker();  
delay(random(DMIN, DMAX));
```

```
speaker();
```

```
delay(random(DMIN, DMAX));
```

```
speaker();
```

```
delay(random(DMIN, DMAX));
```

```
digitalWrite(speakerLED, LOW);
```

```
}
```

```
if (letter == 'h')
```

```
{
```

```
digitalWrite(headphoneLED, HIGH);
```

```
//Générer un nombre aléatoire qui servira à la sélection randomisée de l'écouteur de gauche  
ou de droite
```

```
randomNumber = random (100);
```

```
//Si le nombre = plus petit que 50, le son retentira dans l'écouteur de droite
```

```
if (randomNumber < 50)
```

```
{
```

```
HeadphoneR();
```

```
delay(random(DMIN, DMAX));
```

```
}
```

```
//Si le nombre = plus grand que 50, le son retentira dans l'écouteur de gauche
```

```
else if (randomNumber > 50)
```

```
{
```

```
HeadphoneL();
```

```
delay(random(DMIN, DMAX));
```

```
}

// Répéter l'étape précédente afin de produire 14 autres beeps aléatoires
randomNumber = random (100);

if (randomNumber < 50)
{
    HeadphoneR();
    delay(random(DMIN, DMAX));
}
else if (randomNumber > 50)
{
    HeadphoneL();
    delay(random(DMIN, DMAX));
}
randomNumber = random (100);

if (randomNumber < 50)
{
    HeadphoneR();
    delay(random(DMIN, DMAX));
}
else if (randomNumber > 50)
{
    HeadphoneL();
    delay(random(DMIN, DMAX));
}
randomNumber = random (100);
```

```
if (randomNumber < 50)
{
    HeadphoneR();
    delay(random(DMIN, DMAX));
}
else if (randomNumber > 50)
{
    HeadphoneL();
    delay(random(DMIN, DMAX));
}
randomNumber = random (100);
```

```
if (randomNumber < 50)
{
    HeadphoneR();
    delay(random(DMIN, DMAX));
}
else if (randomNumber > 50)
{
    HeadphoneL();
    delay(random(DMIN, DMAX));
}
randomNumber = random (100);
```

```
if (randomNumber < 50)
{
    HeadphoneR();
    delay(random(DMIN, DMAX));
}
```

```
else if (randomNumber > 50)
{
    HeadphoneL();
    delay(random(DMIN, DMAX));
}
randomNumber = random (100);

if (randomNumber < 50)
{
    HeadphoneR();
    delay(random(DMIN, DMAX));
}
else if (randomNumber > 50)
{
    HeadphoneL();
    delay(random(DMIN, DMAX));
}
randomNumber = random (100);

if (randomNumber < 50)
{
    HeadphoneR();
    delay(random(DMIN, DMAX));
}
else if (randomNumber > 50)
{
    HeadphoneL();
    delay(random(DMIN, DMAX));
}
```

```
randomNumber = random (100);
```

```
if (randomNumber < 50)
```

```
{
```

```
    HeadphoneR();
```

```
    delay(random(DMIN, DMAX));
```

```
}
```

```
else if (randomNumber > 50)
```

```
{
```

```
    HeadphoneL();
```

```
    delay(random(DMIN, DMAX));
```

```
}
```

```
randomNumber = random (100);
```

```
if (randomNumber < 50)
```

```
{
```

```
    HeadphoneR();
```

```
    delay(random(DMIN, DMAX));
```

```
}
```

```
else if (randomNumber > 50)
```

```
{
```

```
    HeadphoneL();
```

```
    delay(random(DMIN, DMAX));
```

```
}
```

```
randomNumber = random (100);
```

```
if (randomNumber < 50)
```

```
{
```

```
    HeadphoneR();
```

```
        delay(random(DMIN, DMAX));  
    }  
    else if (randomNumber > 50)  
    {  
        HeadphoneL();  
        delay(random(DMIN, DMAX));  
    }  
    randomNumber = random (100);
```

```
    if (randomNumber < 50)  
    {  
        HeadphoneR();  
        delay(random(DMIN, DMAX));  
    }  
    else if (randomNumber > 50)  
    {  
        HeadphoneL();  
        delay(random(DMIN, DMAX));  
    }  
    randomNumber = random (100);
```

```
    if (randomNumber < 50)  
    {  
        HeadphoneR();  
        delay(random(DMIN, DMAX));  
    }  
    else if (randomNumber > 50)  
    {  
        HeadphoneL();
```



```

        delay(random(DMIN, DMAX));
    }
    randomNumber = random (100);

    if (randomNumber < 50)
    {
        HeadphoneR();
        delay(random(DMIN, DMAX));
    }
    else if (randomNumber > 50)
    {
        HeadphoneL();
        delay(random(DMIN, DMAX));
    }
    randomNumber = random (100);
    if (randomNumber < 50)
    {
        HeadphoneR();
        delay(random(DMIN, DMAX));
    }
    else if (randomNumber > 50)
    {
        HeadphoneL();
        delay(random(DMIN, DMAX));
    }
    digitalWrite(headphoneLED, LOW);
}
}
}

```

## Annexe 14: Feuille de manipulation

Nom : \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

## EssaisRT<sup>2</sup>:

Condition	Essais			
Assis YODT				
Debout YOST				
Debout YODT				
Debout YFST				
Debout YFDT				
Tandem YOST				
Tandem YODT				
Tandem YFST				
Tandem YFDT				

YO : Yeux ouverts YF : Yeux Fermés ST : Single Task DT : Dual Task

Commentaires :

[illegible]

Chercheur/ Assistant:\_\_\_\_\_

### Annexe 15: Reçu- Français

## REÇU – COMPENSATION FINANCIÈRE

J'affirme avoir reçu la somme de \_\_\_\_\_\$ pour couvrir mes frais de déplacement afin de me rendre au Laboratoire d'Analyse du Mouvement de l'Université de Moncton.

Nom

---

Prénom

---

Téléphone

---

Adresse

---

Numéro d'assurance sociale

---

Numéro de dossier étudiant

---

Date de naissance

---

Date du versement

---

Montant du versement

---

Signature du sujet

---

Signature du responsable

---

## Annexe 16: Reçu-Anglais

## RECEIPT - FINANCIAL COMPENSATION

I confirm that I received the sum of \_\_\_\_\_\$ to cover my travel expenses to go to the  
Laboratoire d'Analyse du Mouvement de l'Université de Moncton.

Last name

---

Name

---

Phone number

---

Address

---

Social insurance number

---

Student ID

---

Birth date

---

Date of payment

---

Amount

---

Participant signature

---

Research assistant signature

---